МЧС РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Уральский институт Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ПОЖАРА

Методические рекомендации по самостоятельной работе

Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность

Год начала реализации ОПОП: 2025

Екатеринбург

2025

Прогнозирование опасных факторов пожара : методические рекомендации по самостоятельной работе. Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность / А. А. Субачева, Д. И. Терентьев. – Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2025. – 25 с.

Составители: Субачева А. А., доцент кафедры пожарной безопасности в строительстве Уральского института ГПС МЧС России, кандидат педагогических наук, доцент;

Терентьев Д. И., доцент кафедры пожарной безопасности в строительстве Уральского института ГПС МЧС России, кандидат химических наук, доцент.

Методические рекомендации предназначены для обучающихся в Уральском институте ГПС МЧС России направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность и содержат общие методические указания по организации самостоятельной работы при изучении дисциплины «Прогнозирование опасных факторов пожара».

Рассмотрено и одобрено на заседании кафедры пожарной безопасности в строительстве Уральского института ГПС МЧС России

© Уральский институт ГПС МЧС России, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

Введение……...4
1. Общие сведения об изучаемой дисциплине …….…….....4
2. Общие методические рекомендации по организации самостоятельной работы……...9
3. Методические рекомендации по самостоятельному изучению тем курса и подготовке к занятиям……...11
4. Методические указания по подготовке к зачету……....19
5. Перечень вопросов для самостоятельной подготовки к зачету……19
6. Список рекомендуемой литературы……....23

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплины профессионального цикла по цели и месту в учебном процессе, содержанию, формам и методам обучения имеют специфические особенности в сравнении с математическими и естественнонаучными дисциплинами. Особенностью изучения таких дисциплин является формирование системы инженерных знаний в области будущей профессиональной деятельности, развитие технического мышления, проектно-конструкторских способностей, умений решать конкретные производственные и технологические задачи, типичные для соответствующей профессиональной деятельности, способности ориентироваться в современном научном пространстве.

Основная задача профессиональных дисциплин заключается в подготовке обучающегося к выполнению функциональных обязанностей непосредственно на выходе из учебного заведения. В отличие от специалистов других сфер деятельности, инженер пожарной безопасности должен сразу включиться в профессиональную деятельность и выполнять работу, связанную со спасением людей и имущества от пожаров с риском для собственной жизни.

В связи с этим профессиональные дисциплины отражают суть изучаемых и рассматриваемых процессов и явлений в большей степени, нежели математические и естественнонаучные дисциплины. Дисциплина «Прогнозирование опасных факторов пожара» (ПОФП) одна из базовых среди профессиональных дисциплин, так как она обобщает большой объем материала, отличается прикладным характером и многообразием рассматриваемых вопросов.

1.ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИЗУЧАЕМОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Цели и задачи освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Прогнозирование опасных факторов пожара» является формирование у обучающихся теоретических знаний основных законов, принципов и методов математического моделирования взаимосвязанных термогазодинамических процессов, характеризующих в целом пожар в помещении (здании, сооружении) как сложное физическое явление; навыков анализа пожарной опасности объектов с помощью математических моделей пожаров и компьютерных имитационных систем.

Для достижения данной цели предусматривается решение следующих основных задач:

– изучение свойств газообразной среды в помещении при пожаре как открытой термодинамической системы;

– изучение особенностей изменения состояния этой системы на отдельных этапах развития пожара;

– изучение порядка математической постановки задачи о

прогнозировании ОФП с помощью математических моделей пожаров;

– освоение возможностей компьютерных имитационных систем развития и тушения пожаров в зданиях;

– овладение навыками моделирования динамики опасных факторов пожара с помощью компьютерных имитационных систем [1].

Таким образом, в процессе изучения в рамках ПОФП основ физико-химических, тепломассообменных процессов развития и тушения пожаров формируются теоретические знания, необходимые для анализа пожарной опасности объектов и проектирования систем их противопожарной защиты, приобретаются и закрепляются умения обосновывать объемно-планировочные и конструктивные решения объектов, навыки выбора наиболее эффективных вариантов устройства систем сигнализации, пожаротушения и т.д.

Дисциплина относится к обязательной части ОПОП по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность (уровень бакалавриата).

Таблица 1

Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Пререквизиты	Высшая математика, Химия, Физика, Теория горения и взрыва
Кореквизиты	Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре
Постреквизиты	Расследование и экспертиза пожаров, Методы и инструменты оценки пожарного риска

Знания, умения и компетенции, сформированные на ранее изученных дисциплинах, через ПОФП оказывают влияние на дисциплины, изучаемых на старших курсах. Профессиональная направленность всех дисциплин при подготовке специалиста пожарной безопасности позволяет использовать содержание каждой из них в качестве методологического средства в дальнейшей учебе и профессиональной деятельности, осуществить педагогическую интеграцию в рамках всех изучаемых дисциплин для реализации целостной системы профессионального обучения, результатом которой будет профессионально подготовленный компетентный специалист.

Таким образом, дисциплина ПОФП не характеризует определенную науку в целом, а интегрирует целый ряд математических и естественнонаучных знаний и активно влияет на формирование общекультурных и профессиональных компетенций инженера пожарной безопасности.

Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины «Прогнозирование опасных факторов пожара» направлен на формирование следующих компетенций, предусмотренных ФГОС ВО по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность:

1) общепрофессиональных компетенций (ОПК):

- способен обеспечивать безопасность человека и сохранение окружающей среды, основываясь на принципах культуры безопасности и концепции риск-ориентированного мышления (ОПК-2);
- способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности (ОПК-4);

2) профессиональных компетенций (ПК):

- способен понимать основные закономерности процессов возникновения горения и взрыва, распространения и прекращения горения, способен прогнозировать размеры зон воздействия опасных факторов при авариях и пожарах в помещениях, зданиях и сооружениях, открытых технологических установках, использовать методики определения пожарно-технических характеристик строительных конструкций, зданий и сооружений, технологического оборудования по критериям надежности и работоспособности (ПК-1);
- способен на основе законов теплофизики и термодинамики прогнозировать характер и размеры зон воздействия опасных факторов и их сопутствующих проявлений, применять действующие расчетные и экспериментальные методики, проводить анализ пожарной опасности и обоснованно выбирать известные устройства, системы и методы защиты человека и окружающей среды от негативных воздействий опасных факторов пожаров. (ПК-2).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

знать:

- основные понятия методов прогнозирования опасных факторов пожара;
- виды естественных процессов, протекающих в горящем помещении, основные законы термодинамики и теплообмена;
- существующие виды математических моделей пожаров в помещениях, их возможности и ограничения, возможные источники погрешностей;
- типы распространения пламени, связанные с ними температурные режимы пожаров в помещениях, механизм возникновения и развития естественного газообмена при пожаре в помещении, основные взаимосвязи параметров газовой среды;

- способы поддержания актуальности своих знаний по данной тематике, нахождения новой информации в периодической литературе и нормативных документах, относящихся к расчетам динамики ОФП и критической продолжительности пожара;

- принципы и методы расчета динамики ОФП, способы оценки критической продолжительности пожара, основные источники неточностей в подобных расчетах;

уметь:

- организовать обоснованный выбор методик из списка разрешенных к использованию, наиболее подходящих для реализации конкретного сценария пожара в помещении;

- оценивать величину критической продолжительности пожара различными способами;

владеть навыками использования специальных компьютерных программ по определению величины критической продолжительности пожара для различных исходных условий.

Виды учебной работы при изучении дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы или 108 ч, из них контактная работа обучающихся с преподавателем – 56,35 ч, самостоятельная работа обучающихся – 27 ч. Тематический план дисциплины включает 7 тем (табл. 2).

Таблица 2

Тематический план

№ темы п/п	**Наименование разделов и тем**
Раздел 1. Интегральная математическая модель пожара в помещении	
1	Введение. Исходные понятия и общие сведения о методах прогнозирования опасных факторов пожара в помещениях
2	Основные понятия и уравнения интегральной математической модели пожара в помещении
3	Газообмен помещений и теплофизические функции, необходимые для замкнутого описания пожара
4	Математическая постановка задачи о динамике опасных факторов пожара в начальной стадии пожара
5	Прогнозирование опасных факторов пожара при тушении пожара с использованием интегрального метода
Раздел 2. Зонная и дифференциальная математические модели пожара в помещении	

6	Основные положения зонного и дифференциального метода моделирования пожаров
7	Основные положения дифференциального метода прогнозирования опасных факторов пожара
	Итоговый контроль – экзамен

Таблица 3

Виды и количество аудиторных занятий и форм контроля

Семестр	Виды аудиторных занятий, Количество (часов)			Формы контроля, Количество (часов)
	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия +КСР+СРП	Экзамен
6	**7 (14 ч)**	**11 (22 ч)**	**7+1+1 (18 ч)**	**1 (27 ч)**

В ходе изучения курса необходимо освоить не только теоретический материал, но и научиться решать задачи на нахождение необходимого времени эвакуации из помещения согласно Методике определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности, утвержденной приказом МЧС России от 14.11.2022 № 1140. Кроме того, обучающимся предстоит выполнить тестовые задания, лабораторные работы, сдать экзамен по дисциплине.

Контрольные точки по изучаемой дисциплине

• ***Лабораторные работы***

ЛР № 1. Исследование естественного газообмена при пожаре.

ЛР № 2. Исследование динамики опасных факторов пожара при объемном тушении инертным газом.

ЛР № 3. Влияние механической вентиляции на опасные факторы пожара.

ЛР № 4. Проектирование противопожарной защиты объекта

ЛР № 5. Выбор оптимального проектного решения противопожарной защиты объекта.

ЛР № 6. Выбор и проектирование экономически эффективного варианта противопожарной защиты объекта

ЛР № 7. Снижение пожарной опасности в складском помещении различными методами

ЛР № 8. Детализация динамики ОФП в рамках интегральной математической модели пожара в помещении

ЛР № 10. Исследование динамики ОФП в здании с помощью зонной модели пожара.

ЛР № 11. Моделирование динамики ОФП в многоэтажном здании с использованием зонной математической модели пожара

• ***Контроль самостоятельной работы*** в форме теста по разделу Тест № 1. Интегральная математическая модель пожара в помещении.

• ***Тестирования***

Тест № 2. Зонная математическая модель пожара в помещении.

2. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Изучение дисциплины «Прогнозирование опасных факторов пожара» базируется на знаниях, полученных в ходе освоения химии, физики и высшей математики. Изложение отдельных вопросов как в учебной литературе по дисциплине, так и на лекционных занятиях предполагает хорошее знание учебного материала по этим дисциплинам. Поэтому перед началом изучения данной дисциплины важно восстановить в памяти основные понятия, определения и формулы, относящиеся к этой области знаний. В случае непонимания отдельных вопросов, особенно в начале изучения ПОФП, следует не просто запоминать те или иные положения, а разобраться в них, обращаясь к учебникам по базовым дисциплинам. В том случае, когда и это не приводит к нужному результату, необходимо обратиться за консультацией к преподавателям.

Перед изучением курса необходимо ознакомиться с рабочей программой дисциплины, графиком ее прохождения, контрольными мероприятиями.

Изучение дисциплины осуществляется на лекционных, практических и лабораторных занятиях. На лекционных занятиях излагаются основы знаний по дисциплине в обобщенной форме. Неохваченные на лекциях вопросы, а также вопросы и темы, имеющие чисто информативный и описательный характер, выделяются для самостоятельного изучения. Поэтому при подготовке к практическим и лабораторным занятиям необходимо самостоятельно проработать вопросы, вынесенные на самостоятельное изучение, посредством работы над учебной и учебно-методической литературой, Интернет-ресурсами. Уровень сформированности знаний по вопросам, вынесенным на самостоятельное изучение, осуществляется на практическом занятии, посвященном контролю самостоятельной работы в виде тестирования. Самостоятельная работа обучающихся должна носить систематический характер.

Различают два вида самостоятельной работы – аудиторная, под руководством преподавателя, и внеаудиторная. Тесная взаимосвязь этих видов работ предусматривает дифференциацию и эффективность

результатов ее выполнения и зависит от организации, содержания, логики учебного процесса (межпредметных связей, перспективных знаний и др.).

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется обучающимся по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия. Основными видами самостоятельной работы по дисциплине ПОФП без участия преподавателей являются:

• формирование и усвоение содержания конспекта лекций на базе рекомендованной лектором учебной литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки, интернет сайты и др.);

• подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам, их оформление;

• подготовка к тестированию, зачету;

• выполнение домашних заданий в виде решения отдельных задач, проведения типовых расчетов, расчетно-компьютерных и индивидуальных работ по отдельным разделам содержания дисциплин и т.д.

Основными видами самостоятельной работы обучающихся с участием преподавателей являются:

• текущие консультации;

• прием и разбор домашних заданий (в часы практических занятий);

• прием и защита лабораторных работ (во время проведения л/р);

• выполнение научно-исследовательской работы и т.д.

Таким образом, при изучении отдельных тем дисциплины, в том числе и самостоятельно, рекомендуется тщательная проработка соответствующей темы по рекомендованной литературе и интернет-ресурсам.

Для повышения эффективности запоминания необходимо систематически конспектировать основные определения, формулы, а также воспроизводить рисунки; здесь же необходимо отмечать неясные вопросы, с тем чтобы выяснить их затем с помощью дополнительной литературы или у преподавателя.

После изучения теории предполагается обязательное решение задач и тестовых заданий, которые выполняются как в рамках аудиторных занятий, так и самостоятельно.

В процессе изучения дисциплины целесообразно выполнить научно-исследовательскую работу или реферат.

Научно-исследовательская работа (НИР) является важнейшей частью системы подготовки высококвалифицированных специалистов и направлена на формирование инженерного творческого мышления и способностей к принятию нестандартных управленческих решений.

Кроме НИР обучающиеся могут выполнить реферат по актуальной теме. Различают два вида рефератов: продуктивные и репродуктивные. Репродуктивный реферат воспроизводит содержание первичного текста. Продуктивный содержит творческое или критическое осмысление реферируемого источника.

НИР и реферат имеют определенную структуру: введение, основная часть и заключение. Во введении обосновывается выбор и раскрывается проблематика выбранной темы. В основной части приводится обзор литературных источников по данной теме, аргументируются основные тезисы, описываются этапы проведения эксперимента (при его наличии), обсуждаются полученные результаты. В заключении делаются выводы по проблеме, заявленной в реферате или НИР.

Структура НИР и реферата также обязательно содержат список использованных для подготовки литературных и прочих источников. Такой элемент как приложение использовать необязательно. Текст должен быть лаконичным, четким, отличаться убедительными формулировками и отсутствием второстепенных сведений. Объем работы – от 15 до 25 страниц печатного текста.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОМУ ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ КУРСА И ПОДГОТОВКЕ К ЗАНЯТИЯМ

Раздел I. Интегральная математическая модель пожара в помещении

Тема 1. Введение. Исходные понятия и общие сведения о методах прогнозирования опасных факторов пожара в помещениях

Содержание учебного материала

Предмет, задачи и содержание курса «Прогнозирование опасных факторов пожара». Исходные понятия и общие сведения о методах прогнозирования опасных факторов пожара (ОФП) в помещениях. Физические величины, характеризующие ОФП в количественном отношении; предельно допустимые значения ОФП.

Математическое моделирование, как наиболее современный научный метод прогнозирования ОФП. Методы математического моделирования, их особенности и области практического использования.

В результате изучения данной темы обучающиеся должны:

знать: первичные и вторичные опасные факторы пожара (ОФП) в соответствии с ФЗ-123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», физические величины, характеризующие ОФП в количественном отношении, предельно допустимые значения ОФП,

методы математического моделирования динамики ОФП, их особенности и области практического использования;

уметь: выбирать математическую модель для прогнозирования ОФП в зависимости от поставленной задачи прогнозирования;

владеть: основными понятиями и методами прогнозирования ОФП.

Виды заданий для внеаудиторной самостоятельной работы:

1. Чтение текста учебной литературы, составление опорного конспекта, конспектирование текста, работа со справочной литературой, использование Интернет-ресурсов и пр.

2. Работа с конспектом лекции, обработка текста, повторная работа над учебным материалом и др.

Рекомендуемая литература:
основная: [1,2];
дополнительная: [3-5];
учебно-методическое обеспечение: [6];
нормативные и правовые документы: [11];
Интернет-ресурсы: [1-5].

Тема 2. Основные понятия и уравнения интегральной математической модели пожара в помещении

Содержание учебного материала

Интегральный метод описания состояния газовой среды при пожаре в помещении. Свойства газовой среды в помещении при пожаре. Среднеобъемные параметры, как характеристика состояния открытой термодинамической системы. Оптические свойства среды. Дифференциальные уравнения интегральной математической модели пожара в помещении. Математическая постановка задачи о прогнозировании ОФП, начальные условия и условия однозначности.

Вопросы, вынесенные на самостоятельное изучение

Присутствие мельчайших твердых частиц в газообразной среде и их вклад в интегральные значения внутренней (тепловой) энергии и массы среды, заполняющей помещение при пожаре. Влияние этих частиц на процессы тепломассопереноса и оптические свойства среды. Связь между оптической плотностью дыма и дальностью видимости. Экспериментальные методы измерения оптической плотности дыма.

В результате изучения данной темы обучающиеся должны:

знать: свойства газовой среды в помещении при пожаре; среднеобъемные параметры, характеризующие состояние открытой термодинамической системы; дифференциальные уравнения интегральной математической модели пожара (уравнение материального баланса среды

и ее компонентов, уравнение баланса кислорода, оптического количества дыма, токсичных продуктов горения и энергии);

уметь: выводить основные формулы для среднеобъемных параметров газовой среды;

владеть: навыками прогнозирования ОФП на основе полной системы дифференциальных уравнений интегральной модели.

Виды заданий для внеаудиторной самостоятельной работы:

1. Чтение текста учебной литературы, составление опорного конспекта, конспектирование текста, работа со справочной литературой, использование Интернет-ресурсов и пр.

2. Работа с конспектом лекции, обработка текста, повторная работа над учебным материалом, ответы на вопросы, вынесенные на самостоятельное изучение и др.

Рекомендуемая литература:
основная: [1,2];
дополнительная: [3-5];
учебно-методическое обеспечение: [6];
нормативные и правовые документы: [11];
Интернет-ресурсы: [1-5].

Тема 3. Газообмен помещений и теплофизические функции, необходимые для замкнутого описания пожара

Содержание учебного материала

Газообмен помещения с внешней средой через проемы при пожаре. Распределение гидростатических давлений по вертикали внутри и снаружи помещения. Плоскость равных давлений и режимы работы проемов. Распределение перепадов давлений по высоте помещения. Расчет скорости движения уходящих и поступающих газов.

Процессы нагревания строительных конструкций при пожаре. Тепловой поток в ограждения.

Горючие вещества и их характеристики. Особенности горения твердых, жидких и газообразных веществ. Скорость выгорания горючих материалов. Расчет площади пожара при различных видах пожарной нагрузки. Зависимость мощности тепловыделения при пожаре от концентрации кислорода в помещении.

Вопросы, вынесенные на самостоятельное изучение

Зависимость режима газообмена от геометрических характеристик проема и среднеобъемных параметров состояния газовой среды в помещении. Влияние вязкости газов на их движение в проеме.

В результате изучения данной темы обучающиеся должны:

знать: законы распределения давлений по вертикали внутри и снаружи помещения при пожаре; формулы для расчета высоты плоскости

равных давлений, массовых расходов газа через прямоугольный проем, теплового потока в ограждения, удельной скорости выгорания горючего материала, площади горения; особенности горения твердых, газообразных и жидких веществ; режимы горения материалов (ПРН, ПРВ);

уметь: определять режим работы проема в зависимости от положения плоскости равных давлений; режим пожара в зависимости от количества поступающего через проем воздуха;

владеть: знаниями о степени и характере влияния свойств горючей нагрузки на динамику развития пожара.

Виды заданий для аудиторной самостоятельной работы:

1. Самостоятельное решение задач.
2. Выполнение самостоятельной работы.
3. Выполнение лабораторных работ.

Виды заданий для внеаудиторной самостоятельной работы:

1. Чтение текста учебной литературы, составление опорного конспекта, конспектирование текста, работа со справочной литературой, использование Интернет-ресурсов и пр.
2. Работа с конспектом лекции, обработка текста, повторная работа над учебным материалом, ответы на вопросы, вынесенные на самостоятельное изучение и др.
3. Выполнение курсовой работы.

Рекомендуемая литература:
основная: [1,2];
дополнительная: [3-5];
учебно-методическое обеспечение: [6];
нормативные и правовые документы: [11];
Интернет-ресурсы: [1-5].

Тема 4. Математическая постановка задачи о динамике опасных факторов пожара в начальной стадии пожара

Содержание учебного материала

Понятие о начальной стадии пожара с позиции задачи о безопасности эвакуации людей. Уравнения интегральной математической модели начальной стадии пожара. Аналитическое решение задачи о динамике ОФП при круговом и линейном распространении пламени по поверхности твердой горючей нагрузки, а также при горении жидкостей.

Расчет критической продолжительности пожара и необходимого времени эвакуации людей из помещения.

Вопросы, вынесенные на самостоятельное изучение

Влияние размеров проемов на динамику опасных факторов пожара. Критерий проемности. Зависимость критической продолжительности пожара от критерия проемности.

В результате изучения данной темы обучающиеся должны:

знать: систему дифференциальных уравнений интегральной модели пожара с учетом особенностей газообмена в начальной стадии пожара; основные формулы для расчета критического времени наступления предельно-допустимых значений ОФП, расчета времени блокирования путей эвакуации ОФП и критической продолжительности пожара; формулу для пересчета среднеобъемных значений ОФП на уровень рабочей зоны;

уметь: преобразовывать систему дифференциальных уравнений с учетом особенности газообмена помещения в начальной стадии пожара; рассчитывать критическое время по достижению каждым из ОФП предельно допустимого значения; время блокирования путей эвакуации ОФП и критическую продолжительность пожара по достижению каждым из ОФП предельно допустимого значения; локальные значения ОФП на уровне рабочей зоны и определять достижение предельно-допустимых значений ОФП в помещении;

владеть: навыками определения критической продолжительности пожара; формулами, связывающими критические среднеобъемные значения ОФП с предельно допустимыми значениями в зоне пребывания людей, основными уравнениями, описывающими динамику развития пожара в начальной стадии пожара, алгоритмом решения данной задачи прогнозирования.

Виды заданий для внеаудиторной самостоятельной работы:

1. Чтение текста учебной литературы, составление опорного конспекта, конспектирование текста, работа со справочной литературой, использование Интернет-ресурсов и пр.

2. Работа с конспектом лекции, обработка текста, повторная работа над учебным материалом, ответы на вопросы, вынесенные на самостоятельное изучение и др.

3. Выполнение курсовой работы.

Рекомендуемая литература:
основная: [1,2];
дополнительная: [3-5];
учебно-методическое обеспечение: [6];
нормативные и правовые документы: [11];
Интернет-ресурсы: [1-5].

Тема 5. Прогнозирование опасных факторов пожара при тушении пожара с использованием интегрального метода

Содержание учебного материала

Модификация базовой интегральной математической модели для учета влияния объемного газового тушения. Влияние концентрации

огнетушащего вещества на скорость выгорания. Модификация базовой математической модели для учета тушения распыленной водой.

Особенности применения, возможности и перспективные направления развития интегральной математической модели пожара для прогнозирования ОФП. Программное обеспечение, реализующее интегральную математическую модель пожара.

Вопросы, вынесенные на самостоятельное изучение

Влияние концентрации огнетушащего вещества на скорость выгорания. Модификация базовой математической модели для учета тушения распыленной водой. Дополнительная система уравнений и начальных условий для описания испарения капель, охлаждения конструкций и скорости выгорания материала.

В результате изучения данной темы обучающиеся должны:

знать: модифицированную базовую математическую модель, учитывающую влияние объемного газового тушения, дополнительные соотношения, учитывающие газообмен через открытый проем, процессы газификации и горения пожарной нагрузки, прогрев ограждающих конструкций;

уметь: модифицировать базовую математическую модель, учитывая влияние объемного газового тушения; объяснять порядок и алгоритм численного решения системы дифференциальных уравнений с помощью компьютерных программ;

владеть: навыками оценки влияния концентрации огнетушащего вещества на скорость выгорания горючего материала.

Виды заданий для аудиторной самостоятельной работы:

1. Решение задач.
2. Выполнение лабораторных работ.
3. Выполнение тестовых заданий.

Виды заданий для внеаудиторной самостоятельной работы:

1. Чтение текста учебной литературы, составление опорного конспекта, конспектирование текста, работа со справочной литературой, использование Интернет-ресурсов и пр.

2. Работа с конспектом лекции, обработка текста, повторная работа над учебным материалом, ответы на вопросы, вынесенные на самостоятельное изучение и др.

3. Решение задач и подготовка отчетов по лабораторным работам.

4. Выполнение курсовой работы.

Рекомендуемая литература:

основная: [1,2];

дополнительная: [3-5];

учебно-методическое обеспечение: [6-10];

нормативные и правовые документы: [11, 12];

Интернет-ресурсы: [1-5].

Раздел II. Зонная и дифференциальная математические модели пожара в помещении

Тема 6. Основные положения зонного моделирования пожаров

Содержание учебного материала

Основные положения зонного моделирования пожаров. Особенности распределения локальных параметров состояния газовой среды внутри помещения в начальной стадии пожара и при локальных пожарах. Разделение пространства внутри пожара на зоны. Взаимодействие между зонами и изменение их размеров с течением времени. Интегральный метод описания изменения состояния среды в каждой зоне. Область практического применения зонных моделей пожаров.

Пример компьютерной программы на основе зонной модели пожара. Возможность использования программы CFAST для расчета необходимого времени эвакуации людей из помещения.

В результате изучения данной темы обучающиеся должны:

знать: основные формулы зонной математической модели пожара, область ее использования; особенности процесса изменения состояния газовой среды на первом этапе развития пожара;

уметь: объяснить принцип деления внутреннего объема помещения на зоны; применять уравнения материального и энергетического баланса для каждой зоны при получении расчетных дифференциальных уравнений; выбирать математическую модель пожара для прогнозирования ОФП в зависимости от поставленной задачи прогнозирования;

владеть: навыками математической постановки задачи при прогнозировании ОФП на основе дифференциальных уравнений зонной модели пожара; при газообмене припотолочного слоя с внешней средой и изменяющемся со временем очагом пожара.

Виды заданий для аудиторной самостоятельной работы:

1. Выполнение лабораторной работы и подготовка отчета по ней.
2. Выполнение тестовых заданий.

Виды заданий для внеаудиторной самостоятельной работы:

1. Чтение текста учебной литературы, составление опорного конспекта, конспектирование текста, работа со справочной литературой, использование Интернет-ресурсов и пр.
2. Работа с конспектом лекции, обработка текста, повторная работа над учебным материалом, ответы на вопросы, вынесенные на самостоятельное изучение и др.
3. Выполнение курсовой работы.

Рекомендуемая литература:

основная: [1,2];

дополнительная: [3-5];

учебно-методическое обеспечение: [6-8, 10];
нормативные и правовые документы: [11, 12];
Интернет-ресурсы: [1-5].

Тема 7. Основные положения дифференциального метода прогнозирования опасных факторов пожара

Содержание учебного материала

Сущность дифференциального метода прогнозирования ОФП, его информативность и область практического использования. Особенности дифференциальных (полевых) моделей пожара. Сложности при разработке и реализации полевых моделей.

Пример компьютерной программы на основе полевой модели пожара. Возможность использования программы FDS для оценки индивидуального пожарного риска.

В результате изучения данной темы обучающиеся должны:

знать: принципы построения поверхностей и линий уровня для параметров состояния газовой среды внутри помещения, согласно полевой математической модели пожара, уравнение неразрывности, как закон сохранения массы движущейся смеси газов; уравнение Навье-Стокса как закон сохранения импульса (движения) газовой смеси;

уметь: выбирать математическую модель пожара для прогнозирования ОФП в зависимости от поставленной задачи прогнозирования;

владеть: основами дифференциального метода прогнозирования опасных факторов пожара; представлениями об области практического использования дифференциального метода прогнозирования опасных факторов пожара.

Виды заданий для внеаудиторной самостоятельной работы:

1. Чтение текста учебной литературы, составление опорного конспекта, конспектирование текста, работа со справочной литературой, использование Интернет-ресурсов и пр.

2. Работа с конспектом лекции, обработка текста, повторная работа над учебным материалом, ответы на вопросы, вынесенные на самостоятельное изучение и др.

3. Выполнение курсовой работы.

Рекомендуемая литература:
основная: [1,2];
дополнительная: [3];
учебно-методическое обеспечение: [6];
нормативные и правовые документы: [11, 12];
Интернет-ресурсы: [1-5].

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЭКЗАМЕНУ

Итоговый контроль по дисциплине осуществляется в виде комплексного экзамена: обучающиеся решают задачу на нахождение необходимого времени эвакуации людей из помещения и выполняют компьютерный тест. По результатам выставляется оценка за экзамен. На экзамен отводится 6 аудиторных часов. Тестирование может быть как письменное, так и с использованием тестирующих компьютерных программ (например, программы АРМ «Тестирование»). Тест содержит не менее 40 вопросов нескольких уровней сложности. Более подробно процедура подготовки к экзамену раскрывается в методических рекомендациях для подготовки к экзамену по дисциплине «Прогнозирование опасных факторов пожара».

5. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ К ЭКЗАМЕНУ

Раздел I. Интегральная математическая модель пожара в помещении

Тема 1. Введение. Исходные понятия и общие сведения о методах прогнозирования опасных факторов пожара в помещениях

1. Опасные факторы пожара и физические величины, их характеризующие. Предельно допустимые значения ОФП.
2. Математическое моделирование ОФП. Основные требования, предъявляемые к моделям.
3. Методы математического моделирования динамики развития ОФП, их особенности и области практического использования.

Тема 2. Основные понятия и уравнения интегральной математической модели пожара в помещении

4. Свойства газообразной среды в помещении при пожаре. Локальное равновесие и взаимосвязь между локальными термодинамическими параметрами состояния газовой среды.
5. Влияние изменения состава и температуры газовой среды при пожаре на ее газовую постоянную, показатель адиабаты и теплоемкость.
6. Интегральный метод описания состояния газовой среды при пожаре в помещении.
7. Среднеобъемная плотность газовой среды и среднеобъемные парциальные плотности ее компонентов.
8. Среднеобъемная внутренняя энергия и среднеобъемное давление газовой среды в помещении.

9. Среднемассовая и среднеобъемная температура среды в помещении.
10. Методика определения среднеобъемного давления, среднемассовой и среднеобъемной температур в помещении на основе инструментальных измерений.
11. Интегральное уравнение состояния газовой среды в помещении.
12. Дымообразование и параметры дыма, образованные твердыми частицами. Коагуляция и седиментация частиц дыма.
13. Оптическое количество дыма и среднеобъемная оптическая плотность дыма. Связь между оптической плотностью дыма и дальностью видимости.
14. Экспериментальные методы измерения оптической плотности дыма.
15. Интегральный метод термодинамического анализа пожара.
16. Среда в помещении как открытая термодинамическая система. Взаимодействие этой системы с внешней средой и интегральные характеристики этого взаимодействия.
17. Квазиравновесный процесс изменения состояния термодинамической системы при пожаре. Особенности процесса изменения состояния этой системы на отдельных этапах развития пожара.
18. Вывод дифференциальных уравнений интегральной математической модели пожара, описывающих динамику опасных факторов пожара. Начальные условия и условия однозначности.
19. Классификация интегральных математических моделей пожара.
20. Математическая постановка задачи о прогнозировании опасных факторов пожара на основе полной системы дифференциальных уравнений интегральной модели пожара. Методы численного решения этой задачи.

Тема 3. Газообмен помещений и теплофизические функции, необходимые для замкнутого описания пожара

21. Причины, обуславливающие движение газа и газообмен помещений с внешней средой через проемы на пожаре.
22. Распределение гидростатических давлений по вертикали внутри и снаружи помещения.
23. Плоскость равных давлений и зависимость ее расположения от среднеобъемных значений давления и плотности газовой среды в помещении.
24. Возможные режимы газообмена помещения через круглые вертикальные и горизонтальные проемы. Влияние вязкости газов на их движение в проеме. Коэффициент сопротивления проема.
25. Влияние ветра на газообмен помещения с окружающей атмосферой. Распределение гидростатических давлений по вертикали снаружи здания на наветренной и подветренной его сторонах.

26. Теплоотдача горизонтальных стержневых конструкций и вертикальных поверхностей ограждений помещения при различных стадиях пожара. Тепловое взаимодействие перекрытий с восходящим потоком газов от очага горения.
27. Процессы нагревания строительных конструкций при пожаре и математическая постановка задачи о нагревании строительных конструкций при пожаре.
28. Общие сведения о процессах горения. Горючие вещества и их характеристики. Особенности горения твердых, жидких и газообразных веществ.
29. Пламя и его характеристики.
30. Скорость тепловыделения в пламенной зоне. Коэффициент полноты горения.
31. Горючая нагрузка в помещении и ее характеристики. Линейная скорость распространения пламени по поверхности горючей нагрузки. Расчет площади пожара при различных видах пожарной нагрузки. Удельная массовая скорость выгорания твердых и жидких горючих материалов.
32. Тепловая мощность очага пожара в помещении. Влияние газообмена на процесс горения материалов в помещении.
33. Режимы пожаров в помещении в зависимости от количества поступающего через проем воздуха. Скорости потребления кислорода, образования токсичных продуктов горения и дымовыделения.

Тема 4. Математическая постановка задачи о динамике ОФП в начальной стадии пожара.

34. Понятие о начальной стадии пожара с позиции задачи о безопасности эвакуации людей.
35. Особенность газообмена помещения с окружающей атмосферой и начальной стадии пожара.
36. Система дифференциальных уравнений интегральной модели пожара на начальной стадии.
37. Динамика опасных факторов пожара при круговом и линейном распространении пламени по поверхности твердой горючей нагрузки и при горении жидкостей.
38. Взаимосвязь между критическими среднеобъемными значениями опасных факторов пожара с предельно допустимыми их значениями в зоне пребывания людей.
39. Влияние размеров проемов на динамику опасных факторов пожара. Критерий проёмности. Зависимость критической продолжительности пожара от критерия проемности.

40. Подобие и моделирование начальной стадии пожара.

Тема 5. Прогнозирование опасных факторов пожара при тушении пожара с использованием интегрального метода

41. Модификация базовой математической модели для учета влияния объемного газового тушения. Влияние концентрации огнетушащего вещества на скорость выгорания.
42. Модификация базовой математической модели для учета тушения распыленной водой.
43. Особенности применения интегральной модели для прогнозирования ОФП.

РАЗДЕЛ 2. Зонная и дифференциальная математические модели пожара в помещении.

Тема 6. Основные положения зонного моделирования пожаров.

44. Основные положения зонного моделирования пожаров. Область практического применения зонных моделей пожаров.
45. Особенности распределения локальных параметров состояния газовой среды внутри помещения в начальной стадии пожара и при локальных пожарах.
46. Разделение пространства внутри пожара на зоны. Условные границы между зонами и среднеобъемные параметры в этих зонах.
47. Взаимодействие между зонами и изменение их размеров с течением времени. Интегральный метод описания изменения состояния среды в каждой среде.
48. Определение потоков массы и энергии из конвективной колонки в припотолочный слой на основе теории свободной турбулентной конвективной струи.
49. Модификация теории свободной конвективной струи от точечного источника для очагов горения конечных размеров.
50. Теплообмен припотолочной зоны с ограждениями. Среднее значение коэффициента теплопотерь, характеризующего теплообмен припотолочной зоны с ограждениями.
51. Скорость поступления токсичных газов и оптического количества дыма в припотолочный слой.
52. Газообмен припотолочного слоя с внешней атмосферой через проемы. Работа расширения припотолочной зоны.
53. Дифференциальные уравнения материального баланса газовой среды и ее компонентов, баланса оптического количества дыма и энергии

для припотолочной зоны при отсутствии газообмена с внешней атмосферой.

54. Математическая постановка задачи о динамике опасных факторов пожара в припотолочной зоне при постоянных значениях размеров и тепловой мощности очага горения.
55. Компьютерная программа CFAST, основные понятия и положения. Соответствие российским нормативным требованиям.
56. Возможность использования программы CFAST для расчета необходимого времени эвакуации.

Тема 7. Основные положения дифференциального метода прогнозирования опасных факторов пожара

57. Сущность дифференциального метода прогнозирования опасных факторов пожара, его информативность и область практического использования
58. Базовая система дифференциальных уравнений в частных производных для описания турбулентности нестационарного движения и процессов тепло- и массопереноса в многокомпонентной газовой смеси с учетом химических реакций и образования дымового аэрозоля.
59. Моделирование процессов горения. Классификация дифференциальных моделей пожара.
60. Модель FDS, основные понятия и содержание.

6. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

6.1 Основная литература

1. Терентьев, Д. И. Моделирование и анализ динамики опасных факторов пожара в здании : учебное пособие (Гриф МЧС: Допущено) / Д. И. Терентьев, А. А. Субачева, И. В. Тикина. – Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2025. – 97 с.
2. Терентьев, Д. И. Прогнозирование опасных факторов пожара [Текст] : учебное пособие (Гриф МЧС: Допущено) / Д.И. Терентьев, А.А. Субачева, С.В. Субачев, Н.А. Третьякова, Н.М. Барбин. – Екатеринбург: ФГБОУ ВО Уральский институт ГПС МЧС России, 2017. – 99 с.

8.2. Дополнительная литература

3. Варнатц, Ю. Горение. Физические и химические аспекты, моделирование, эксперименты, образование загрязняющих веществ [Текст] : учеб. издание / Ю. Варнатц, У. Маас, Р Диббл. – Пер. с англ. – М.: Физматлит, 2003. – 352 с.

4. Марков, В. Ф., Маскаева Л.Н., Пазникова С.Н. Физико-химические основы развития и тушения пожаров [Текст] : учебник для курсантов, студентов и слушателей образовательных учреждений МЧС России / В. Ф Марков, Л. Н. Маскаева, С.Н. Пазникова; ред. В. Ф. Марков. – Екатеринбург: УрИ ГПС МЧС России, 2013. – 305 с.
5. Моделирование пожаров и взрывов [Текст] / Под общ. ред. Н. Н. Брушлинского и А. Я. Корольченко. – М.: Изд. «Пожнаука», 2000. – 482 с.

6.3 Учебно-методическое обеспечение

6. Терентьев, Д. И. Прогнозирование опасных факторов пожара. Курс лекций [Текст]: учеб.-метод. пособие / Д. И. Терентьев, А. А. Субачева, Н. А. Третьякова, Н.М. Барбин. – Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2012. – 182 с.
7. Субачева, А. А. Прогнозирование опасных факторов пожара [Текст] : лабораторный практикум для обучающихся по специальности 20.05.01 Пожарная безопасность и направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность / А. А. Субачева, Д. И. Терентьев, И. Г. Коснырева. – Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2018. – 64 с.
8. Терентьев, Д. И. Прогнозирование опасных факторов пожара [Текст] : сборник задач. Специальность 20.05.01 Пожарная безопасность. Направление подготовки 20.03.01. Специальность 40.05.03 Судебная экспертиза / сост. Терентьев Д. И., Субачева А. А., Третьякова Н. А. – Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2019. – 63 с.
9. Терентьев, Д. И. Применение термодинамического моделирования при решении задач пожарной и промышленной безопасности [Текст] : учеб. пособие / Д. И. Терентьев, А. А. Субачева, Н. М. Барбин., А. В. Борисенко – Екатеринбург : ФГБОУ ВО Уральский институт ГПС МЧС России, 2017. – 99 с.
10. Терентьев, Д. И. Моделирование и анализ динамики опасных факторов пожара в помещении : учебно-методическое пособие : специальность 20.05.01 Пожарная безопасность, направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность / Д. И. Терентьев, А. А. Субачева, А. В. Пономарев. – Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2023. – 110 с.

8.4. Нормативные правовые акты и нормативные документы:

11. Федеральный закон от 22 июля 2008 года №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
12. Приказ МЧС России от 14.11.2022 № 1140 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов

функциональной пожарной опасности».

6.5 Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «интернет», необходимые для освоения дисциплины

1. www.elibrary.ru
2. www.rsl.ru
3. www.fireevacuation.ru
4. www.firesafetyblog.ru
5. www.sitis.ru

6.6. Программное обеспечение и интернет-ресурсы

1. Компьютерная программа АРМ «Тестирование».
2. Компьютерная программа «КИС РТП» (компьютерная имитационная система развития и тушения пожаров).
3. Компьютерная программа «СИТИС: БЛОК демо».

Субачева Алла Александровна
Терентьев Дмитрий Иванович

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ПОЖАРА

Методические рекомендации по самостоятельной работе
Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность