

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Горбунов Алексей Александрович

Должность: Заместитель начальника университета по учебной работе

Дата подписания: 27.08.2024 15:56:48

Уникальный программный ключ:

286e49ee1471d400cc1f45579d51ed7bbf0e9cc7

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский университет  
Государственной противопожарной службы МЧС России»**

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель начальника университета  
по учебной работе

полковник внутренней службы

А.А. Горбунов

«27» мая 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ПОЖАРА**

**Специальность  
20.05.01 Пожарная безопасность**

**уровень специалитета**

**Санкт-Петербург**

## **1. Цели и задачи дисциплины «Прогнозирование опасных факторов пожара»**

### ***Цели освоения дисциплины «Прогнозирование опасных факторов пожара»:***

Курс прогнозирования опасных факторов пожара включает изучение теоретических основ и получения практического опыта по прогнозированию критических ситуаций, которые могут возникнуть в ходе развития пожара.

Цель дисциплины - получение обучающимися знаний и навыков по прогнозированию критических ситуаций, которые могут возникнуть в ходе развития пожара и использование этой информации для профилактики пожаров, обеспечения безопасности людей и личной безопасности при тушении пожаров, анализе причин и условий возникновения и развития пожаров.

В результате освоения дисциплины «Прогнозирование опасных факторов пожара» обучающийся формирует и демонстрирует нормативно заданные компетенции (таблица 1).

### **Перечень компетенций, формируемых в процессе изучения дисциплины «Прогнозирование опасных факторов пожара»**

Таблица 1

<b>Компетенции</b>	<b>Содержание</b>
ОК-1	Способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу
ПК-22	Способность прогнозировать размеры зон воздействия опасных факторов при авариях и пожарах на технологических установках
ПК-23	Способность прогнозировать поведение технологического оборудования с пожаровзрывоопасными средами в условиях пожара

### ***Задачи дисциплины «Прогнозирование опасных факторов пожара»:***

- систематизировать и анализировать данные по пожару и извлекать из них информацию, необходимую для решения вопросов, возникающих при расследовании пожара;
- осветить порядок проведения экспертного исследования опасных факторов пожара;
- ознакомить с методическими основами решения вопроса о развитии пожара;
- научить возможностям ЭВМ и специальной техники в решении задач прогнозирования опасных факторов пожара.

**2. Перечень планируемых результатов обучения дисциплины «Прогнозирование опасных факторов пожара», соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

<b>Планируемые результаты обучения по дисциплине «Прогнозирование опасных факторов пожара»</b>	<b>Планируемые результаты освоения образовательной программы</b>
В результате освоения дисциплины «Прогнозирование опасных факторов пожара» обучающийся должен <b>демонстрировать способность и готовность</b>	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен <b>владеть</b> компетенциями
применять современные программные продукты предназначенные для моделирования динамики опасных факторов пожара, в том числе на различных производственных объектах,	ОК-1
<b>В производственно-технологической деятельности:</b>	
принимать участие в проведении экспертизы безопасности.	ПК-22, ПК-23
определять зоны повышенного техногенного риска.	ПК-22, ПК-23
проводить исследование опасных факторов пожара в соответствии с методическими основами решения вопроса о развитии пожара	ПК-22, ПК-23
проводить анализ нарушений нормативных требований в области пожарной безопасности, прогнозирование их последствия	ПК-22, ПК-23

**3. Место дисциплины «Прогнозирование опасных факторов пожара» в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования (далее – ОПОП ВО)**

Дисциплина «Прогнозирование опасных факторов пожара» относится к базовой части ОПОП ВО по специальности 20.05.01 Пожарная безопасность, (уровень специалитета).

#### 4. Структура и содержание дисциплины «Прогнозирование опасных факторов пожара»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы 144 часа.

##### 4.1 Объем дисциплины «Прогнозирование опасных факторов пожара» и виды учебной работы для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		А
Общая трудоемкость дисциплины в часах	<b>144</b>	144
Общая трудоемкость дисциплины в зачетных единицах	<b>4</b>	4
<b>Контактная работа (в виде аудиторной работы)</b>	<b>56</b>	56
В том числе:		
Лекции	<b>20</b>	20
Практические занятия	<b>34</b>	34
Консультация	<b>2</b>	2
<b>Форма контроля - экзамен</b>	<b>36</b>	36
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>52</b>	52

для заочной формы обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Курс
		6
Общая трудоемкость дисциплины в часах	<b>144</b>	144
Общая трудоемкость дисциплины в зачетных единицах	<b>4</b>	4
<b>Контактная работа (в виде аудиторной работы)</b>	<b>22</b>	22
В том числе:		
Лекции	<b>8</b>	8
Практические занятия	<b>12</b>	12
Консультация	<b>2</b>	2
<b>Форма контроля - экзамен</b>	<b>9</b>	9
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>113</b>	113

## 4.2. Темы дисциплины «Прогнозирование опасных факторов пожара» и виды занятий

### для очной формы обучения

№ п/п	Наименование разделов и тем	Всего часов	Количество часов по видам занятий				Контроль	Самостоятельная работа	Примечание
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Консультация			
1	2	3	4	5	6	7	8	11	
1.	Основные положения и понятия пожарных рисков, а также методов прогнозирования опасных факторов пожара (ОФП).	14	4	2				8	
2.	Основные понятия и уравнения интегральной математической модели пожара в помещении.	16	4	4				8	
3.	Газообмен помещений и теплофизические функции, необходимые для замкнутого описания пожара.	14	4	4				6	
4.	Математическая постановка задачи о динамике ОФП в начальной стадии пожара.	12	2	4				6	
5.	Прогнозирование ОФП при тушении пожара с использованием интегрального метода.	12	2	4				6	
6.	Основные положения зонного моделирования пожаров. Численная реализация зонной модели.	16	2	6				8	
7.	Основы дифференциального (полевого) метода прогнозирования ОФП. Численная реализация полевой модели.	22	2	10				10	
	<b>Консультация</b>	<b>2</b>				2			
	<b>Экзамен</b>	<b>36</b>					<b>36</b>		
	<b>Итого по дисциплине:</b>	<b>144</b>	<b>20</b>	<b>34</b>		<b>2</b>	<b>36</b>	<b>52</b>	

**для заочной формы обучения**

№ п/п	Наименование разделов и тем	Всего часов	Количество часов по видам занятий				Контроль	Самостоятельная работа	Примечание
			Лекции	Практические и занятия	Лабораторные занятия	Консультация			
1	2	3	4	5	6	7	8	11	
1.	Основные положения и понятия пожарных рисков, а также методов прогнозирования опасных факторов пожара (ОФП).	23	2	2				19	
2.	Основные понятия и уравнения интегральной математической модели пожара в помещении.	21	2	4				15	
3.	Газообмен помещений и теплофизические функции, необходимые для замкнутого описания пожара.	15						15	
4.	Математическая постановка задачи о динамике ОФП в начальной стадии пожара.	15						15	
5.	Прогнозирование ОФП при тушении пожара с использованием интегрального метода.	15						15	
6.	Основные положения зонного моделирования пожаров. Численная реализация зонной модели.	17	2					15	
7.	Основы дифференциального (полевого) метода прогнозирования ОФП. Численная реализация полевой модели.	27	2	6				19	
	<b>Консультация</b>	<b>2</b>				2			
	<b>Экзамен</b>	<b>9</b>					<b>9</b>		
	<b>Итого</b>	<b>144</b>	<b>8</b>	<b>12</b>		<b>2</b>	<b>9</b>	<b>113</b>	

### 4.3 Содержание дисциплины «Прогнозирование опасных факторов пожара»

**Тема 1. Основные положения и понятия пожарных рисков, а также методов прогнозирования опасных факторов пожара (ОФП).**

**Лекция.** Физические величины, характеризующие ОФП в количественном отношении. Предельно допустимые значения ОФП. Цели и задачи определения (расчёта) различных видов пожарных рисков для различных объектов. Их критические нормативные значения.

Определение (характеристика) различных видов пожарных рисков. Нормативные документы, определяющие пожарные риски. Какие величины входят в формулу определения расчётной величины индивидуального пожарного риска. Основные требования к определению пожарной опасности производственных объектов.

#### **Практическое занятие:**

1. Пожарный риск – мера возможности реализации пожарной опасности и её последствий для людей и материальных ценностей.

#### Примерный перечень тем докладов:

1. Физические величины, характеризующие ОФП в количественном отношении. Предельно допустимые значения ОФП.

2. Цели и задачи определения (расчёта) различных видов пожарных рисков для различных объектов. Их критические нормативные значения.

3. Определение (характеристика) различных видов пожарных рисков.

4. Частота возникновения пожара в здании и каким образом она определяется.

5. Вероятность эффективного срабатывания автоматических установок пожаротушения в здании.

6. Вероятность присутствия людей в здании и каким образом она определяется.

7. Вероятность эвакуации людей при пожаре и каким образом она определяется.

8. Вероятность эффективной работы системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре. Каким образом она рассчитывается и какие составляющие входят в расчёт.

9. Характеристика и суть различных математических моделей, применяемых при расчёте (прогнозировании) ОФП.

10. Основные понятия, применяемые при прогнозировании ОФП и определении пожарных рисков и их определение.

11. Время блокировки путей эвакуации ОФП – основной вопрос, рассматриваемый в предмете для гражданских зданий.

12. Особенности определения пожарных рисков для производственных объектов.

13. Частота реализации пожароопасных ситуаций и каким образом она определяется.

14. Построение полей опасных факторов пожара для различных сценариев его развития при воздействии различных ОФП.

15. Возможность возникновения аварийных ситуаций и их перечень.

16. Построение логического дерева событий (логической схемы) сценариев возникновения и развития пожароопасной ситуации.

17. Оценка последствий воздействия ОФП на людей для различных сценариев развития пожара.

18. Анализ наличия систем обеспечения пожарной безопасности производственных объектов и каким образом он осуществляется.

19. Определение расчётного сценария на производственном объекте и количества горючих веществ, вышедших в окружающее пространство.

20. Перечень вопросов, входящих в методику оценки ОФП на производственных объектах при определении пожарного риска.

#### **Самостоятельная работа:**

Нормативно-правовое регулирование в области оценки пожарной опасности различных объектов. Особенности определения пожарных рисков на нетиповых объектах. Современное положение методик по оценке пожарных рисков на объектах различного назначения.

#### **Рекомендуемая литература:**

Основная [1-2],

Дополнительная [1-3].

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

**Лекция.** Исходные положения и основные понятия интегрального метода термодинамического анализа пожара. Свойства газообразной среды в помещении при пожаре. Интегральный метод описания состояния газовой среды при пожаре в помещении. Дымообразование и параметры дыма, образованного твердыми частицами. Связь между оптической плотностью дыма и дальностью видимости.

Дифференциальные уравнения интегральной математической модели пожара, описывающие динамику опасных факторов пожара. Начальные условия и условия однозначности. Классификация и сущность интегральных математических моделей пожара. Математическая постановка задачи о прогнозировании ОФП на основе полной системы дифференциальных уравнений интегральной модели пожара.

#### **Практическое занятие.**

1. Количественная оценка составляющих материального и энергетического баланса пожара в их динамике.

2. Расчет динамику материального и энергетического баланса пожара в программе на основе интегральной математической модели и оформление отчета.

### **Самостоятельная работа:**

Современные программные продукты, реализующие интегральную математическую модель пожара. Экспериментальные методы определения динамики опасных факторов пожара.

### **Рекомендуемая литература:**

Основная [1-2],

Дополнительная [1-3].

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

**Лекция.** Распределение давлений по высоте помещения. Плоскость равных давлений и режимы работы проема. Расчет расхода газа, выбрасываемого через проемы. Расчет расхода воздуха, поступающего через проемы. Влияние ветра на газообмен.

Оценка величины теплового потока в ограждения. Эмпирические и полуэмпирические методы расчета теплового потока в ограждения. Методы расчета скорости выгорания горючих материалов и скорости тепловыделения.

### **Практическое занятие.**

1. Оценка влияния отдельных свойств горючей нагрузки на динамику опасных факторов пожара.

2. Изучение параметров естественного газообмена при пожаре в их связи между собой, а также с геометрическими характеристиками проемов.

3. Расчет динамики пожара с помощью программ на основе интегральной математической модели и оформление отчета.

### **Самостоятельная работа:**

Формулы для расчета скорости движения уходящих газов и поступающего воздуха в разных точках проема. Зависимости массовых расходов уходящих газов и поступающего воздуха для проемов при различных режимах газообмена от геометрических характеристик этого проема и среднеобъемных параметров состояния газовой среды в помещении (плотности и давления). Радиационно - конвективный процесс теплопереноса в газообразной среде при пожаре в помещении.

### **Рекомендуемая литература:**

Основная [1-2],

Дополнительная [1-3].

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

**Лекция.** Классификация интегральных моделей пожара. Интегральная математическая модель пожара для исследования динамики опасных факторов пожара и ее численная реализация. Интегральная математическая модель начальной стадии пожара и расчет критической продолжительности пожара.

### **Практическое занятие.**

1. Оценка влияния работы системы механической вентиляции на режим газообмена и динамику опасных факторов пожара.

2. Изучение влияния типа горючей нагрузки на динамику процессов развития пожара в помещении и теплоотдачи к поверхностям ограждений.

3. Расчет динамики пожара с помощью программ на основе интегральной математической модели и оформление отчета.

**Самостоятельная работа:**

Теория пожара и процесс горения. Начальный этап пожара в закрытом помещении до полного охвата пламенем. Расчет времени эвакуации из горящего помещения.

**Рекомендуемая литература:**

Основная [1-2],

Дополнительная [1-3].

**Тема 5. Прогнозирование ОФП при тушении пожара с использованием интегрального метода.**

**Лекция.** Расчет критических значений средних параметров состояния среды в помещении. Расчет коэффициента теплопоглощения при определении критической продолжительности пожара. Режим полностью развившегося пожара и температуры, при этом достигаемые. Выброс пламени из горящего помещения. Распространение пожара из помещения. Особенности развития пожара в жилых зданиях, общественных зданиях, производственных и складских помещениях, сельскохозяйственных объектах, на транспорте.

**Практическое занятие.**

1. Изучение влияния типа горючей нагрузки на температурный режим пожара.

2. Оценка влияния работы систем объемного пожаротушения на динамику опасных факторов пожара.

3. Расчет динамики пожара с помощью программ на основе интегральной математической модели и оформление отчета.

**Самостоятельная работа:**

Исследование температурного режима в верхней зоне помещения при локальном пожаре. Исследование динамики движения границы задымленной зоны при локальном пожаре. Влияние расположения горючей нагрузки на динамику опасных факторов пожара и газообмен помещения. Оптимизация огнезащиты строительных конструкций с учетом параметров реального пожара.

**Рекомендуемая литература:**

Основная [1-2],

Дополнительная [1-3].

**Тема 6. Основные положения зонного моделирования пожаров. Численная реализация зонной модели.**

**Лекция.** Особенности распределения локальных параметров состояния газовой среды внутри помещения в начальной стадии пожара и при локальных

пожарах. Разделение пространства внутри пожара на зоны. Определение потоков массы и энергии из конвективной колонки в припотолочный слой на основе теории свободной турбулентной конвективной струи. Дифференциальные уравнения материального баланса газовой среды и ее компонентов, баланса оптического количества дыма и энергии для припотолочной зоны при отсутствии газообмена с внешней атмосферой. Дифференциальные уравнения движения нижней границы припотолочной зоны. Начальные условия. Математическая постановка задачи при газообмене припотолочного слоя с внешней средой и изменяющимся со временем очагом пожара.

#### **Практическое занятие.**

1. Математическая постановка задачи при газообмене припотолочного слоя с внешней средой.
2. Зонная математическая модель начальной стадии пожара в помещении.
3. Расчет пожарного риска с помощью прикладных программ на основе зонных моделей пожара.

#### **Самостоятельная работа:**

Математическая постановка задачи о динамике опасных факторов пожара в припотолочной зоне и ее аналитическое решение при постоянных значениях размеров и тепловой мощности очага горения. Условия возникновения взрывоопасных смесей, характеристики объемного взрыва, мощность взрыва (расчетные параметры). Сложность численной реализации полной зонной математической модели. Алгоритм численного решения задачи на ПЭВМ. Структура программы и ее запуск. Действия при возникновении ошибок.

#### **Рекомендуемая литература:**

- Основная [1-2],  
Дополнительная [1-3].

### **Тема 7. Основы дифференциального (полевого) метода прогнозирования ОФП. Численная реализация полевой модели.**

**Лекция.** Сущность дифференциального метода, его информативность и область практического использования. Современное состояние вопроса. Численная реализация дифференциальной математической модели.

Базовая система дифференциальных уравнений в частных производных для описания турбулентного нестационарного движения и процессов тепло- и массопереноса в многокомпонентной газовой смеси с учетом химических реакций и образования дымового аэрозоля. Турбулентная вязкость, теплопроводность и диффузия. Алгебраическая модель турбулентности. К-ε модель турбулентности. Граничные условия для параметров турбулентности на ограждениях. Моделирование процессов горения. Одноступенчатая необратимая брутто-реакция между горючим и окислителем. Двухступенчатая реакция и образование сажи. Математическая модель образования, коагуляции и переноса дымового аэрозоля. Поглощение, рассеивание и ослабление света в аэрозоле. Радиационный теплоперенос в непрозрачной среде. Уравнение

переноса теплового излучения, методы решения задачи о переносе теплового излучения – потоковый, диффузионный, дискретный и статистический (Монте-Карло). Граничные и начальные условия на ограждающих поверхностях и на поверхности горючего. Условия в сечениях проемов и в прилегающей к ним внешней области пространства. Классификация дифференциальных моделей пожара.

#### **Практическое занятие.**

1. Создание топологии объекта для оценки пожарного риска с помощью прикладных программ на основе полевых моделей пожара.
2. Создание и расчет эвакуационной составляющей расчета пожарного риска.

#### **Практическое занятие.**

2. Дифференциальная (полевая) математическая модель пожара в здании.
3. Расчет пожарного риска с помощью прикладных программ на основе полевых моделей пожара.

**Самостоятельная работа:** Сущность метода, его информативность и область практического использования, базовую систему дифференциальных уравнений в частных производных для описания турбулентного нестационарного движения и процессов тепло- и массообмена, алгебраическую модель турбулентности.

#### **Рекомендуемая литература:**

Основная [1-2],

Дополнительная [1-3].

### **5. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины «Прогнозирование опасных факторов пожара»**

Учебным планом предусмотрены следующие виды занятий:

Лекции, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся. Цели лекционных занятий:

- дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентируя внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;
- стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

Практические занятия. Цели практических занятий:

- углубить и закрепить знания, полученные на лекциях и в процессе самостоятельной работы обучающихся с учебной и научной литературой.
- главным содержанием этого вида занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности

Консультация. Является одной из форм руководства учебной работой обучающихся в оказании им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины.

Самостоятельная работа обучающихся. Направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

## **6. Оценочные средства для проведения промежуточных аттестаций обучающихся по дисциплине «Прогнозирование опасных факторов пожара»**

Оценочные средства дисциплины «Прогнозирование опасных факторов пожара» включает в себя следующие разделы:

1. Типовые контрольные вопросы для оценки знаний, умений, навыков, характеризующих формирование компетенций в процессе освоения дисциплины.
2. Методика оценивания персональных образовательных достижений обучающихся.

### **6.1. Типовые контрольные вопросы для оценки знаний, умений и навыков характеризующих формирование компетенций в процессе освоения дисциплины**

Примерный перечень вопросов, выносимых на экзамен

1. Опасные факторы пожара (ОФП). Физические величины, характеризующиеся ОФП в количественном отношении и их предельно допустимые значения.
2. Понятие и виды пожарных рисков, их применение и количественное нормирование.
3. Основные расчётные величины для определения индивидуального пожарного риска гражданских зданий. Их характеристики.
4. Каким образом определяется вероятность эвакуации из здания при расчёте индивидуального пожарного риска. В чём заключается определение времени блокировки путей эвакуации ОФП.
5. В каких случаях осуществляется определение пожарных рисков для производственных объектов и каких видов пожарных рисков.
6. Общие требования к расчётам пожарного риска на производственных объектах и их особенности.
7. Возможность появления каких ОФП учитывается при построении полей опасных факторов пожара для различных сценариев развития пожара.

8. Перечень процессов, имеющих возможность возникнуть при реализации пожароопасных ситуаций и пожаров или являющиеся их последствиями, при определении пожарных рисков производственных объектов.

9. В чём необходимость построения логического дерева событий для сценария возникновения и развития пожароопасной ситуации (пожара). Принцип построения.

10. Каким образом осуществляется расчет значений индивидуальных пожарных рисков в зданиях и на территории производственного объекта.

11. Каким образом осуществляется расчет значений социального пожарного риска для зданий гражданского назначения, находящихся вблизи объекта.

12. Каким образом определяется расчётный сценарий и количества горючих веществ, поступающих в окружающее пространство при возникновении пожароопасной ситуации на производственном объекте.

13. Методы математического моделирования динамики ОФП, их особенности и области практического использования.

14. Каким образом определяется вероятность эвакуации из здания при расчёте индивидуального пожарного риска. В чём заключается определение времени блокировки путей эвакуации ОФП.

15. Интегральный метод описания состояния газовой среды при пожаре в помещении. Среднеобъемная плотность газовой среды и среднеобъемные парциальные плотности ее компонентов.

16. Среднеобъемная внутренняя энергия и среднеобъемное давление газовой среды в помещении.

17. Среднемассовая и среднеобъемная температуры среды в помещении.

18. Методика определения среднеобъемного давления, среднемассовой и среднеобъемной температур на основе инструментальных измерений.

19. Интегральное уравнение состояния газовой среды в помещении.

20. Дымообразование и параметры дыма, образованного твердыми частицами. Коагуляция и седиментация частиц дыма.

21. Оптическое количество дыма и среднеобъемная оптическая плотность дыма. Связь между оптической плотностью дыма и дальностью видимости. Экспериментальные методы измерения оптической плотности дыма.

22. Интегральный метод термодинамического анализа пожара. Среда в помещении как открытая термодинамическая система.

23. Вывод уравнений материального баланса среды и ее компонентов.

24. Вывод уравнений баланса оптического количества дыма и энергии. Начальные условия и условия однозначности.

25. Классификация интегральных математических моделей пожара. Математическая постановка задачи о прогнозировании ОФП на основе полной системы дифференциальных уравнений интегральной модели пожара. Методы численного решения этой задачи.

26. Приведение уравнений, описывающих динамику ОФП, к безразмерному виду. Подобие и критерии подобия пожаров.

27. Причины, обуславливающие движение газа и газообмен помещения с внешней средой через проемы при пожаре. Распределение гидростатических давлений по вертикали внутри и снаружи помещения.

28. Плоскость равных давлений (ПРД). Зависимость расположения ПРД от среднеобъемных значений давления и плотности газовой среды в помещении.

29. Возможные режимы газообмена помещения через проем.

30. Формулы для расчета скорости движения уходящих газов и поступающего воздуха в разных точках проема.

31. Зависимости массовых расходов уходящих газов и поступающего воздуха для вертикального прямоугольного проема при различных режимах газообмена от геометрических характеристик этого проема и среднеобъемных параметров состояния газовой среды в помещении (плотности и давления).

32. Газообмен через круглые вертикальные проемы. Газообмен через горизонтальные проемы.

33. Формулы для расчета массовых расходов газа через прямоугольный проем с учетом влияния ветра.

34. Влияние неоднородности температурного поля в помещении на распределение гидростатических давлений внутри помещения и на газообмен через проемы.

35. Радиационно-конвективный процесс теплопереноса в газообразной среде при пожаре в помещении.

36. Теплоотдача горизонтальных стержневых конструкций, омываемых пламенем.

37. Тепловое взаимодействие перекрытий с восходящим потоком газов от очага горения.

38. Теплоотдача вертикальных поверхностей ограждений помещения при различных стадиях пожара.

39. Процессы нагревания строительных конструкций при пожаре и математическое описание этих процессов. Сопряженная математическая постановка задачи о нагревании строительных конструкций при пожаре.

40. Эмпирические формулы для расчета средних коэффициентов теплоотдачи на вертикальных и горизонтальных поверхностях ограждений.

41. Эмпирические формулы для расчета интегрального теплового потока в ограждениях.

42. Лучистый тепловой поток через проемы.

43. Горючие вещества и их характеристики. Особенности горения твердых, жидких и газообразных веществ.

44. Скорость выгорания горючих материалов. Скорость тепловыделения в пламенной зоне. Коэффициент полноты горения.

45. Горючая нагрузка в помещении и ее характеристики. Линейная скорость распространения пламени по поверхности горючей нагрузки. Расчет площади пожара при различных видах пожарной нагрузки.

46. Удельная массовая скорость выгорания твердых и жидких горючих материалов. Тепловая мощность очага пожара в помещении.

47. Влияние газообмена на процесс горения материалов в помещении. Режимы пожаров в помещении в зависимости от количества поступающего через проем воздуха. Зависимость мощности тепловыделения при пожаре от концентрации кислорода в помещении.

48. Влияние процессов образования слоя золы и угля на массовую скорость выгорания пожарной нагрузки.

49. Скорости потребления кислорода, образования токсичных продуктов горения и дымовыделения.

50. Особенность газообмена помещения с окружающей атмосферой в начальной стадии пожара. Система дифференциальных уравнений интегральной модели пожара с учетом этой особенности газообмена.

51. Среднее значение коэффициента теплопотерь, характеризующего теплопоглощение ограждениями.

52. Аналитическое решение задачи о динамике опасных факторов пожара при круговом и линейном распространении пламени по поверхности твердой горючей нагрузки, а также при горении жидкостей.

53. Формулы для расчета среднего значения коэффициента теплопотерь при определении критических среднеобъемных значений температуры, концентраций токсических газов, дефицита кислорода и оптической плотности дыма.

54. Взаимосвязь между критическими среднеобъемными значениями опасных факторов пожара с предельно допустимыми их значениями в зоне пребывания людей.

55. Формулы для расчета критической продолжительности пожара по условию достижения каждым опасным фактором своего предельно допустимого значения в рабочей зоне.

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

57. Обобщенные дифференциальные уравнения пожара. Подобие и моделирование начальной стадии пожара.

58. Модификация базовой математической модели для учета влияния объемного газового тушения. Дополнительное уравнение баланса.

59. Влияние концентрации огнетушащего вещества на скорость выгорания.

60. 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. Алгоритм численной реализации модели.

61. Особенности распределения локальных параметров состояния газовой среды внутри помещения в начальной стадии пожара и при локальных пожарах.

62. Разделение пространства внутри пожара на зоны. Характерные зоны в начальной стадии пожара. воздуха.

63. Определение потоков массы и энергии из конвективной колонки в припотолочный слой на основе теории свободной турбулентной конвективной струи.

64. Теплообмен припотолочной зоны с ограждениями.

65. Дифференциальные уравнения материального баланса газовой среды и ее компонентов, баланса оптического количества дыма и энергии для припотолочной зоны при отсутствии газообмена с внешней атмосферой.

66. Дифференциальные уравнения движения нижней границы припотолочной зоны. Начальные условия.

67. Математическая постановка задачи о динамике опасных факторов пожара в припотолочной зоне и ее аналитическое решение при постоянных значениях размеров и тепловой мощности очага горения.

68. Математическая постановка задачи при газообмене припотолочного слоя с внешней средой и изменяющимся со временем очагом пожара.

69. Базовая система дифференциальных уравнений в частных производных для описания турбулентного нестационарного движения и процессов тепло- и массопереноса в многокомпонентной газовой смеси с учетом химических реакций и образования дымового аэрозоля.

70. Математическая модель образования, коагуляции и переноса дымового аэрозоля.

71. Радиационный теплоперенос в непрозрачной среде. Уравнение переноса теплового излучения, методы решения задачи о переносе теплового излучения.

72. Классификация дифференциальных моделей пожара.

## **6.2 Методика оценивания персональных образовательных достижений обучающихся**

Промежуточная аттестация: экзамен

<b>Достигнутые результаты освоения дисциплины</b>	<b>Критерии оценивания</b>	<b>Шкала оценив.</b>
Обучающийся имеет существенные пробелы в знаниях основного учебного материала по дисциплине; не способен аргументированно и последовательно его излагать, допускает грубые ошибки в ответах, неправильно отвечает на задаваемые вопросы или затрудняется с ответом.	– не раскрыто основное содержание учебного материала; – обнаружено незнание или непонимание большей или наиболее важной части учебного материала; – допущены ошибки в определении понятий, при использовании	<i>Оценка «2»</i> неудовлетворительно

Достиженные результаты освоения дисциплины	Критерии оценивания	Шкала оценив.
	терминологии, которые не исправлены после нескольких наводящих вопросов.	
<p>Обучающийся показывает знание основного материала в объеме, необходимом для предстоящей профессиональной деятельности; при ответе на вопросы билета и дополнительные вопросы не допускает грубых ошибок, но испытывает затруднения в последовательности их изложения; не в полной мере демонстрирует способность применять теоретические знания для анализа практических ситуаций.</p>	<p>– неполно или непоследовательно раскрыто содержание материала, но показано общее понимание вопроса и продемонстрированы умения, достаточные для дальнейшего усвоения материала;</p> <p>– усвоены основные категории по рассматриваемому и дополнительным вопросам;</p> <p>– имелись затруднения или допущены ошибки в определении понятий, формулировках законов, исправленные после нескольких наводящих вопросов.</p>	<p><i>Оценка «3»</i> Удовлетворительно</p>
<p>Обучающийся показывает полное знание программного материала, основной и дополнительной литературы; дает полные ответы на теоретические вопросы билета и дополнительные вопросы, допуская некоторые неточности; правильно применяет теоретические положения к оценке практических ситуаций; демонстрирует хороший уровень освоения материала.</p>	<p>- продемонстрировано умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер;</p> <p>– в изложении допущены небольшие пробелы, не искавшие содержание ответа;</p> <p>допущены один – два недочета при освещении основного содержания ответа, исправленные по замечанию преподавателя;</p> <p>допущены ошибка или</p>	<p><i>Оценка «4»</i> Хорошо</p>

Достиженные результаты освоения дисциплины	Критерии оценивания	Шкала оценив.
	<p>более двух недочетов при освещении второстепенных вопросов, которые легко исправляются по замечанию преподавателя.</p>	
<p>Обучающийся показывает всесторонние и глубокие знания программного материала, знание основной и дополнительной литературы; последовательно и четко отвечает на вопросы билета и дополнительные вопросы; уверенно ориентируется в проблемных ситуациях; демонстрирует способность применять теоретические знания для анализа практических ситуаций, делать правильные выводы, проявляет творческие способности в понимании, изложении и использовании программного материала.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– полно раскрыто содержание материала;</li> <li>– материал изложен грамотно, в определенной логической последовательности;</li> <li>– продемонстрировано системное и глубокое знание программного материала;</li> <li>– точно используется терминология;</li> <li>– показано умение иллюстрировать теоретические положения конкретными примерами, применять их в новой ситуации;</li> <li>– продемонстрировано усвоение ранее изученных сопутствующих вопросов, сформированность и устойчивость компетенций, умений и навыков;</li> <li>– ответ прозвучал самостоятельно, без наводящих вопросов;</li> <li>– продемонстрирована способность творчески применять знание теории к решению профессиональных задач;</li> <li>– продемонстрировано знание современной учебной и научной литературы;</li> <li>– допущены одна – две неточности.</li> </ul>	<p><i>Оценка «5» Отлично</i></p>

## **7. Требования к условиям реализации. Ресурсное обеспечение дисциплины «Прогнозирование опасных факторов пожара»**

### *Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины*

#### **Основная литература:**

1. Прогнозирование опасных факторов пожара: Учебное пособие / Ю.Д. Моторыгин, В.А. Ловчиков, Ф.А. Дементьев, Ю.Н. Бельшина. – СПб.: Астерион, 2013. – 108 с. <http://elib.igps.ru/?6&type=card&cid=ALSFR-d3dbd08a-bf3c-4abc-abda-1805ea3eb51f>

2. Анализ нарушений нормативных требований в области пожарной безопасности, прогнозирование и экспертное исследование их последствий: учебное пособие / Н.В. Петрова, Ю.Д. Моторыгин, А.О. Антонов и др. – СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2017. – 158 с. Режим доступа: <http://elib.igps.ru/?8&type=card&cid=ALSFR-7a8c8529-6d12-4633-bd39-fed48057158b&remote=false>

#### **Дополнительная литература:**

1. Прогнозирование опасных факторов пожара : курс лекций / составители С. А. Сазонова. — Воронеж : Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2015. — 100 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/55022.html>

2. Теория горения и взрыва: Учебник для вызов МЧС России / В.Р. Малинин, В.И. Климкин, С.В. Аникеев и др. – СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2009- 280 с. Режим доступа: <http://elib.igps.ru/?3&type=card&cid=ALSFR-171ddc57-2e70-4373-a34c-9592fca88130&remote=false>

3. Прогнозирование опасных факторов пожара / Моторыгин Ю.Д., Ловчиков В.А., Парина Ю.Г. // Лабораторный практикум СПб.: СПб Университет ГПС МЧС России, 2008. <http://elib.igps.ru/?4&type=card&cid=ALSFR-68a97048-8acd-402b-8670-abd4377ddda1>

#### ***Программное обеспечение, в том числе лицензионное:***

1. Microsoft Windows Professional, Russian – Системное программное обеспечение. Операционная система. [Коммерческая (Volume Licensing)]; ПО-ВЕ8-834

2. Microsoft Office Standard (Word, Excel, Access, PowerPoint, Outlook, OneNote, Publisher) – Пакет офисных приложений [Коммерческая (Volume Licensing)]; ПО-D86-664

3. Adobe Acrobat Reader DC – Приложение для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF [Бесплатная]; ПО-F63-948

4. Fenix2+ – Оценка рисков пожарной безопасности в зданиях сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности согласно Приложения к приказу МЧС России от 30.06.09 г. № 382 [Коммерческая (ОЕМ)]; ПО-38С-720

#### ***Современные профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:***

1. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/>, доступ только после самостоятельной регистрации

2. Научная электронная библиотека «eLIBRARY.RU» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/>, доступ только после самостоятельной регистрации

3. Справочная правовая система «КонсультантПлюс: Студент» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://student.consultant.ru/>, свободный доступ

4. Информационно-правовой портал «Гарант» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.garant.ru/>, свободный доступ

#### ***Материально-техническое обеспечение дисциплины***

Для материально-технического обеспечения дисциплины используются:

– учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий и промежуточной аттестации оснащенные (компьютером, мультимедийный проектором, экраном).

– помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с ФГОС ВО по специальности 20.05.01 Пожарная безопасность (уровень специалитета).

**Авторы:** доцент, кандидат технических наук Дементьев Ф.А., профессор, доктор технических наук Моторыгин Ю.Д.