

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

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Прогнозирование опасных факторов пожара**

**Направление подготовки  
20.03.01 Техносферная безопасность  
профиль «Пожарная безопасность»**

**Уровень бакалавриата**

**Владивосток**

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

### Цели освоения дисциплины:

формирование 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.

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

Таблица 1

Компетенции	Содержание
<b>ПК-2</b>	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.
<b>ПК-4</b>	Способен разрабатывать графическую документацию, рассчитывать и моделировать различные технические системы в целях решения задач пожарной безопасности, в том числе с применением средств автоматизированного проектирования.

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

- Формирование первоначальных основ знаний о современных подходах к прогнозированию опасных факторов пожара при решении задач обеспечения пожарной безопасности,
- Формирование умений систематизировать и анализировать данные по пожару и извлекать из них информацию, необходимую для решения вопросов, возникающих при расследовании пожара,
- формирование начальных навыков применения современных программных продуктов в решении задач прогнозирования опасных факторов пожара.

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

Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>Тип задач профессиональной деятельности: Проектно-конструкторский</b>	
ПК-2.1 Знает действующие расчетные и экспериментальные методики.	Знает основные способы прогнозирования динамики развития опасных факторов пожара в помещениях, зданиях, сооружениях, на технологических установках и открытом пространстве.
ПК-2.2 Умеет проводить анализ пожарной опасности	Умеет прогнозировать развитие опасных факторов пожара
ПК-2.3 Владеет навыком выбора известных устройств, систем и методов защиты человека и окружающей среды от негативных воздействий опасных факторов пожаров	Владеет навыками изучения динамики развития опасных факторов пожара с помощью современных программных продуктов
ПК-4.1 Знает средства автоматизированного проектирования.	Знает современные программные продукты, реализующие интегральную математическую модель пожара. Знает прикладные программы на основе зонных моделей пожара Знает прикладные программы на основе полевых моделей пожара.
ПК-4.2 Умеет рассчитывать различные технические системы и технологические процессы.	Умеет проводить оценку пожарного риска с помощью современных программных продуктов. Умеет проводить расчет эвакуационной составляющей расчета пожарного риска.
ПК-4.3 Владеет навыком моделирования различных технических систем и технологических процессов для решения задач пожарной безопасности	Владеет навыком моделирования распространений опасных факторов пожара на объекте с помощью современных программных продуктов

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

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, основной профессиональной образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность, направленность (профиль) «Пожарная безопасность».

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы 108 часов.

##### 4.1 Распределение трудоемкости учебной дисциплины по видам работ по семестрам и формам обучения

###### для очной формы обучения

Вид учебной работы	Трудоемкость		
	з.е.	час.	по семестрам
			8
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	<b>3</b>	<b>108</b>	<b>108</b>
Контактная работа, в том числе:		<b>54</b>	<b>54</b>
<b>Аудиторные занятия</b>		<b>54</b>	<b>54</b>
Лекции (Л)		20	20
Практические занятия (ПЗ)		34	34
Семинарские занятия (СЗ)			
<b>Самостоятельная работа (СРС)</b>		<b>54</b>	<b>54</b>
<b>Зачет с оценкой</b>		+	+

###### для заочной формы обучения

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	з.е.	час.	по курсам	
			4	5
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	<b>3</b>	<b>108</b>	<b>36</b>	<b>72</b>
Контактная работа, в том числе:		<b>10</b>	<b>2</b>	<b>8</b>
<b>Аудиторные занятия</b>		<b>10</b>	<b>2</b>	<b>8</b>
Лекции (Л)		4	2	2
Практические занятия (ПЗ)		6		6
<b>Самостоятельная работа (СРС)</b>		<b>98</b>	<b>34</b>	<b>64</b>
<b>Зачет с оценкой</b>		+		+

**4.2. Разделы 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
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия		
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 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.	24	2	10			12
	<b>Зачет с оценкой</b>	+				+	
	<b>Итого по дисциплине:</b>	<b>108</b>	<b>20</b>	<b>34</b>			<b>54</b>

**для заочной формы обучения**

№п/п	Наименование разделов и тем	Всего часов	Количество часов по видам занятий			Контроль	Самостоятельная работа
			Лекции	Практические/Семинарские занятия	Лабораторные занятия		
1.	Основные положения и понятия пожарных рисков, а также методов прогнозирования опасных факторов пожара (ОФП).	20	2				18
2.	Основные понятия и уравнения интегральной математической модели пожара в помещении.	10					10
3.	Газообмен помещений и теплофизические функции, необходимые для замкнутого описания пожара.	10					10
4.	Математическая постановка задачи о динамике ОФП в начальной стадии пожара.	10					10
5.	Прогнозирование ОФП при тушении пожара с использованием интегрального метода.	10					10
6.	Основные положения зонного моделирования пожаров. Численная реализация зонной модели.	10					10
7.	Основы дифференциального (полевого) метода прогнозирования ОФП. Численная реализация полевой модели.	38	2	6			30
	<b>Зачет с оценкой</b>	+				+	
	<b>Итого</b>	<b>108</b>	<b>4</b>	<b>6</b>		<b>+</b>	<b>98</b>

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

#### **4.3.1 Содержание дисциплины для обучающихся очной формы обучения.**

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

**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 динамики 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 [1-2].

## **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.

**Лекция.** 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.
3. Дифференциальная (полевая) математическая модель пожара в здании.
4. 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].

### **4.3.1 Содержание дисциплины для обучающихся заочной формы обучения.**

**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.

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

**Рекомендуемая литература:**

Основная [1-2],

Дополнительная [1-3].

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

**Самостоятельная работа.** 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.

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.**

**Самостоятельная работа.** 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. 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.**

**Самостоятельная работа:** 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.

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.**

**Самостоятельная работа:** 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.

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.**

**Самостоятельная работа:** 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. 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.
3. Дифференциальная (полевая) математическая модель пожара в здании.
4. 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. 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.

#### **Рекомендуемая литература:**

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

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

При реализации программы дисциплины используются лекционные и практические занятия.

Общими целями занятий являются:

- обобщение, систематизация, углубление, закрепление теоретических знаний по конкретным темам дисциплины;
- формирование умений применять полученные знания на практике, реализация единства интеллектуальной и практической деятельности;
- выработка при решении поставленных задач профессионально значимых качеств: самостоятельности, ответственности, точности, творческой инициативы.

Целями лекции являются:

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

В ходе практических занятий обеспечивается процесс активного взаимодействия обучающихся с преподавателем; приобретаются практические навыки и умения. Цель практических и семинарских занятий: углубить и закрепить знания, полученные на лекции, формирование навыков работы с информацией и использования знаний для решения практических задач; выполнение тестовых заданий по проверке полученных знаний и умений.

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 занятиям.

Изучение дисциплины заканчивается зачетом с оценкой.

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

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание хода освоения дисциплины, проводится в соответствии с содержанием дисциплины по видам занятий в форме опроса/докладов/решения задач/тестирования.

Промежуточная аттестация обеспечивает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине, проводится в форме зачета с оценкой.

### **6.1. Примерные оценочные материалы:**

#### **6.1.1. Текущего контроля**

##### **Типовые вопросы для опроса:**

1. Каковы цели прогнозирования ОФП?



2. Дайте определение пожару и ОФП;
3. Охарактеризуйте пожарный фактор - пламя и искры;
4. Охарактеризуйте пожарный фактор - повышенная температура окружающей среды;
5. Охарактеризуйте пожарный фактор - токсичность продуктов горения и термического разложения;
6. Охарактеризуйте пожарный фактор – дым;
7. Перечислите предельно допустимые ОФП;
8. На какие классы делятся математические модели пожара;
9. Перечислите основные опасные факторы пожара;
10. В каких нормативных документах регламентируются ОФП; 11. Какие математические методы позволяют оценить ОФП.
11. Какие математические методы позволяют оценить ОФП.
12. Какие физические явления влияют на распространение пожара?
13. Перечислите факторы, влияющие на скорость распространения пламени
  13. по горючим материалам;
  14. Охарактеризуйте пожарный фактор - пламя и искры;
  15. Охарактеризуйте пожарный фактор - повышенная температура окружающей среды;
  16. Охарактеризуйте пожарный фактор - токсичность продуктов горения и термического разложения;
  17. Охарактеризуйте пожарный фактор – дым.
  18. В чем заключается основная сложность исследования пожара как физического явления?
  19. Поясните сущность метода анализа сложных процессов;
  20. Какие свойства горючей нагрузки (ГН) и каким образом влияют на динамику пожара и его опасных факторов?
  21. Почему невозможно подробно изучить влияние свойств ГН на протекание пожара только на основании физических экспериментов?
  22. Охарактеризуйте пожарный фактор – пламя.
  23. На какие этапы делится пожара в закрытом помещении?

#### **Типовые темы для 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.

### **Типовые задания для тестирования:**

Согласно техническому регламенту о требованиях пожарной безопасности, опасными факторами пожара являются

1. тепловой поток

2. повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термических

3. паника при эвакуации

К сопутствующим проявлениям опасных факторов пожара, относятся:

1. Пламя и искры

2. Осколки, части разрушившихся аппаратов, агрегатов, установок, конструкций

3. Пониженная концентрация кислорода

4. Пониженная концентрации кислорода

Пожар, регулируемый горючей нагрузкой это

1. когда кислорода в помещении очень мало и скорость выгорания определяется скоростью притока воздуха извне,

2. когда кислорода в помещении достаточно и скорость выгорания определяется скоростью газификации топлива,

3. когда кислорода в помещении достаточно и скорость выгорания определяется скоростью притока воздуха извне,

4. когда кислорода в помещении очень мало и скорость выгорания определяется скоростью газификации топлива,

После того, как локализованное возпламенение перешло в устойчивое горение, дальнейший процесс может пойти по одному из трех направлений:

1. Загоревшийся предмет сгорит полностью, и пожар прекратится, не распространившись на другие изделия из горючего материала, это имеет место, в частности, при условии, если первый загоревшийся предмет находится в изолированном положении

2. При недостаточной вентиляции пожар может автоматически прекратиться, или горение будет происходить с такой малой скоростью, которая диктуется доступностью кислорода

3. При достаточном количестве горючего материала и притока свежего воздуха пожар может вырасти до размеров полного охвата пламенем всей комнаты, когда горят все возгораемые поверхности

Стохастические методы моделирования - это методы с использованием

1. интегральных уравнений,

2. дифференциальных уравнений,

3. теории вероятности,

4. теории эксперимента,

Какая модель используется для помещений, в которых один из геометрических размеров гораздо больше (меньше) остальных

1. Интегральная

2. Зонная

3. Полевая

Тепловой поток, отнесённый к единице изотермической поверхности, называется

1. плотностью теплового потока

2. удельным тепловым потоком

3. тепловой нагрузкой

Для наступления полного охвата пламенем помещения требуется тепловой поток интенсивностью примерно

1. 10 кВт/м<sup>2</sup> в объеме помещения

2. 20 кВт/м<sup>2</sup> на уровне пола

3. 40 кВт/м<sup>2</sup> на уровне пола

4. 30 кВт/м<sup>2</sup> в объеме помещения

Для расчета ОФП стохастическими методами применяют:

1. уравнение Клапейрона,

2. уравнение Стокса,

3. уравнение Бернулли,
4. конечные цепи Маркова,
5. уравнение Фурье-Кирхгофа

Полевые модели базируются на использовании

1. стохастических методов,
2. дифференциальных уравнений в частных производных,
3. для приближительных расчетов пожара,
4. в полевых условиях,
5. интегральных уравнений в частных производных

### **6.1.2. Промежуточной аттестации**

#### **Примерный перечень вопросов, выносимых на зачет с оценкой**

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

Система оценивания включает:

Форма контроля	Показатели оценивания	Критерии выставления оценок	Шкала оценивания
Зачет с оценкой	правильность и полнота ответа	дан правильный, полный ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний по дисциплине, доказательно раскрыты основные положения вопросов; могут быть допущены недочеты, исправленные самостоятельно в процессе ответа.	отлично
		дан правильный, недостаточно полный ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи; могут быть допущены недочеты, исправленные с помощью преподавателя.	хорошо
		дан недостаточно правильный и полный ответ; логика и последовательность изложения имеют нарушения; в ответе отсутствуют выводы.	удовлетворительно
		ответ представляет собой разрозненные знания с существенными ошибками по вопросу; присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения; дополнительные и уточняющие вопросы не приводят к коррекции ответа на вопрос.	неудовлетворительно



## 7. Ресурсное обеспечение дисциплины

### 7.1. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства:

- Microsoft Windows 7 Professional – Системное программное обеспечение. Операционная система. [Коммерческая (Volume Licensing)]; ПО-72В-264;
- Microsoft Windows 8 Professional – Системное программное обеспечение. Операционная система. [Коммерческая (Volume Licensing)]; ПО-842-573;
- Microsoft Windows Professional, Russian – Системное программное обеспечение. Операционная система. [Коммерческая (Volume Licensing)]; ПО-ВЕ8-834;
- Microsoft Office Standard (Word, Excel, Access, PowerPoint, Outlook, OneNote, Publisher) – Пакет офисных приложений [Коммерческая (Volume Licensing)]; ПО-D86-664;
- Adobe Acrobat Reader DC – Приложение для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF [Бесплатная]; ПО-F63-948;
- 7-Zip – Файловый архиватор [Бесплатная]; ПО-F33-948;
- Apache OpenOffice – Пакет офисных приложений [Открытая]; ПО-ЕВ7-115;
- Google Chrome – Браузер [Открытая]; ПО-F2С-926;
- LibreOffice – Пакет офисных приложений [Открытая]; ПО-СВВ-979;
- Альт Образование 8 – Системное программное обеспечение.

Операционная система. [Открытая]; ПО-534-102.

- 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

### 7.2. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

- Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/>, доступ только после самостоятельной регистрации
- Научная электронная библиотека «eLIBRARY.RU» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/>, доступ только после самостоятельной регистрации
- Справочная правовая система «КонсультантПлюс: Студент»

[Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://student.consultant.ru/>, свободный доступ

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

- Электронная библиотека университета <http://elib.igps.ru> (авторизованный доступ);

- Электронно-библиотечная система «ЭБС IPR BOOKS» <http://www.iprbookshop.ru> (авторизованный доступ).

### **7.3. Литература 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. Клишкин, 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>

### **7.4. Материально-техническое обеспечение**

Для проведения и обеспечения занятий используются помещения, которые представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой бакалавриата, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: автоматизированное рабочее место

преподавателя, маркерная доска, мультимедийный проектор, документ-камера, посадочные места обучающихся.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде университета.

**Автор:** преподаватель кафедры надзорной деятельности Кулага Н.В.