

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Горбунов Александр Владимирович

Должность: Заместитель начальника университета по учебной работе

Дата подписания: 04.08.2025 12:30:31

Уникальный программный ключ:

286e49ee1471d400cc1f45539d51ed7bbf0e9cc7

**ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России»**

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ПОЖАРА**

**бакалавриат по направлению подготовки**

**20.03.01 Техносферная безопасность**

**Направленность (профиль) «Безопасность технологических процессов и производств»**

**Санкт-Петербург**

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 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

Компетенции	Содержание
ПК-2	Способность организовывать деятельность по обеспечению противопожарного режима на предприятиях и в организациях
ПК-6	Способность 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 пожара и ЧС
ПК-7	Способен прогнозировать размеры зон воздействия опасных факторов при авариях и пожарах в помещениях, зданиях и сооружениях, открытых технологических установках
ПК-9	Способность принимать участие в инженерных разработках среднего уровня сложности в составе коллектива

### Задачи дисциплины:

- 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, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>Тип задач профессиональной деятельности: организационно-управленческий</b>	
ПК-2.1 Знает Федеральное законодательство Российской Федерации о пожарной безопасности, технический регламент о требованиях пожарной безопасности, правила противопожарного режима в Российской Федерации	Знает нормативные документы, определяющие пожарные риски. Какие величины входят в формулу определения расчётной величины индивидуального пожарного риска. Основные требования к определению пожарной опасности производственных объектов.
ПК-2.2 Умеет применять нормативные правовые акты при организации деятельности по обеспечению противопожарного режима на предприятиях и в организациях	Умеет применять нормативные правовые акты при прогнозировании развитие опасных факторов пожара
ПК-2.3 Владеет навыками организации и планирования пожарно-профилактической работы на объекте, контроля выполнения запланированных противопожарных мероприятий	Владеет навыками оценки развития опасных факторов пожара с помощью современных программных продуктов
<b>Тип задач профессиональной деятельности: экспертный, надзорный и инспекционно-аудиторский</b>	
ПК-6.1 Знать действующие расчетные и экспериментальные методики	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-6.2 Уметь применять методы анализа пожарной опасности технологических процессов и разработки мер их противопожарной защиты при проектировании и эксплуатации производственных объектов	Умеет проводить оценку пожарного риска с помощью современных программных продуктов. Умеет проводить расчет эвакуационной составляющей расчета пожарного риска.
ПК-6.3 Владеть методами анализа пожаровзрывоопасности технологий производств и разработки мероприятий и технических решений по исключению условий возникновения и распространения пожаров на промышленных объектах	Владеет навыком моделирования распространений опасных факторов пожара на объекте с помощью современных программных продуктов
ПК-7.1 Знать методики расчёта размеров взрывоопасных зон воздействия опасных факторов при авариях и пожарах в помещениях, зданиях и сооружениях, открытых технологических установках	Знает основные способы прогнозирования динамики развития опасных факторов пожара в помещениях, зданиях, сооружениях, на технологических установках и открытом пространстве.
ПК-7.2 Уметь рассчитывать размеры взрывоопасных зон воздействия опасных факторов при авариях и пожарах в помещениях, зданиях и сооружениях, открытых технологических установках	Умеет прогнозировать развитие опасных факторов пожара

ПК-7.3 Владеть навыками прогнозирования развития опасных факторов при авариях и пожарах в помещениях, зданиях и сооружениях, открытых технологических установках	Владеет навыком моделирования распространений опасных факторов пожара на объекте с помощью современных программных продуктов
ПК-9.1 Знать методы инженерных расчетов среднего уровня сложности	Знает порядок разработки топологии объекта для оценки пожарного риска с помощью прикладных программ на основе полевых моделей пожара.
ПК-9.2 Уметь выполнять инженерные расчеты среднего уровня сложности	Умеет создавать топологии объектов для оценки пожарного риска с помощью прикладных программ на основе полевых моделей пожара.
ПК-9.3 Владеть навыками работать в коллективе при совместном решении инженерных задач среднего уровня	Владеет навыком создания топологии объекта для оценки пожарного риска с помощью прикладных программ на основе полевых моделей пожара и расчет эвакуационной составляющей расчета пожарного риска.

### 3. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений основной профессиональной образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность, профиль «Безопасность технологических процессов и производств».

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы 144 часа.

#### 4.1 Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по курсам и формам обучения для заочной формы обучения

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	з.е.	час.	по курсам	
			3	4
<b>Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану</b>	<b>4</b>	<b>144</b>	<b>36</b>	<b>108</b>
<b>Контактная работа</b>		<b>16</b>	<b>4</b>	<b>12</b>
Лекции (Л)		6	2	4
Практические занятия (ПЗ)		10	2	8
Лабораторные работы (ЛР)				
Консультации перед экзаменом				
<b>Самостоятельная работа (СРС)</b>		<b>128</b>	<b>32</b>	<b>96</b>
<b>Курсовая работа (проект)</b>				
<b>Зачёт</b>				
<b>Зачёт с оценкой</b>		+		+
<b>Экзамен</b>				

**4.2. Тематический план, структурированный по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.**

**для заочной формы обучения**

№ п/п	Наименование разделов и тем	Всего часов	Количество часов по видам занятий				Контроль	Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Консультация		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>3 курс</b>								
1.	Тема 1. Основные положения и понятия пожарных рисков, а также методов прогнозирования опасных факторов пожара (ОФП).	20	2	2				16
2.	Тема 2. Основные понятия и уравнения интегральной математической модели пожара в помещении.	16						16
<b>Итого 3 курс</b>		<b>36</b>	<b>2</b>	<b>2</b>				<b>32</b>
<b>4 курс</b>								
3.	Тема 3. Газообмен помещений и теплофизические функции, необходимые для замкнутого описания пожара.	20						20
4.	Тема 4. Математическая постановка задачи о динамике ОФП в начальной стадии пожара.	12	2					10
5.	Тема 5. Прогнозирование ОФП при тушении пожара с использованием интегрального метода.	20						20
6.	Тема 6. Основные положения зонного моделирования пожаров. Численная реализация зонной модели.	20						20
7.	Тема 7. Основы дифференциального (полевого) метода прогнозирования ОФП. Численная реализация полевой модели.	36	2	8/4*				26
<b>Зачет с оценкой</b>		<b>+</b>					<b>+</b>	
<b>Итого</b>		<b>144</b>	<b>6</b>	<b>10</b>			<b>+</b>	<b>128</b>

## **4.3 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.

**Практическое занятие.** 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.**

#### **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.

#### **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.**

#### **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 притолочного 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 (Практическая подготовка)**

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**

При реализации программы дисциплины используются лекционные и практические занятия и семинарские 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 и семинарских 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.

## **6. Оценочные материалы по дисциплине**

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание хода освоения дисциплины, проводится в соответствии с содержанием дисциплины по видам занятий в форме опроса, решения практических задач и 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.
12. Какие физические явления влияют на распространение пожара?

13. Перечислите факторы, влияющие на скорость распространения пламени 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 задачи:

1. Провести расчет динамики опасных факторов пожара по конкретному варианту исходных данных. Построить графики изменения во времени составляющих материального и энергетического баланса пожара, а также графики изменения массы и внутренней энергии газа в помещении.

### Данные для расчета

Параметр	Номер варианта расчета											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Помещение, м												
длина	5	10	36	5	10	36	5	10	36	5	10	36
ширина	4	6	12	4	6	12	4	6	12	4	6	12
высота	2,6	4	8.	2,6	4	8	2,6	4	8	2,6	4	8
Проем 1, м: Нижний срез Верхний срез ширина	0 для всех вариантов расчета 0,05 для всех вариантов расчета 0,8 для всех вариантов расчета											
Проем 2, м:												
Нижний срез	0,8	0,8	0,4	0,8	0,8	0,4	0,8	0,8	0,4	0,8	0,8	0,4
Верхний срез	2,3	2,3	6,0	2,3	2,3	6,0	2,3	2,3	6,0	2,3	2,3	6,0
Ширина	1,2	2,4	3,6	1,2	2,4	3,6	1,2	2,4	3,6	1,2	2,4	3,6
вскрытие	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Горючая нагрузка:	ДРЕВЕСИНА			КЕРОСИН			ЛЕН			МАСЛО ТП-22		
длина, м	5	10	10	0,5	1	4	5	10	10	0,5	1	4
ширина, м	4	6	6	0,5	1	4	4	6	в	0,5	1	4
масса, кг	1000	3000	3000	20	80	1300	500	1500	1500	20	80	1300

2. Провести с помощью интегральной модели моделирование пожара в помещениях с одним проемом, двумя проемами и с переменной проемностью. Построить графики изменения во времени параметров газообмена.

3. В программе Fenix2+ сформировать расчётную модель пожара в квартире (планы квартир прилагаются к заданию на практическое занятие). Расчётная модель состоит из квартиры (в соответствии с вариантом), коридором длиной 15 и шириной 3 метра и вестибюля размером 5 на 5 метров (в котором находится окно и дверь – связь с атмосферой). Границы расчётного домена однозначно определяются расчётной сеткой (сетками). Пожарная нагрузка – прямоугольник (использовать только реакции без хлора). Сформировать три группы «датчиков» и «плоскости». Первая группа датчиков – у выхода из квартиры. Вторая – посередине коридора. Третья – у выхода из вестибюля.

4. В программе Fenix2+ по расчётной модели пожара в квартире провести моделирование динамики опасных факторов пожара.

5. Создание сценариев эвакуации в помещениях различной функциональной опасности и последующего расчета времени эвакуации людей. Создать локации-выхода согласно инструкции по использованию программы. Провести расстановку людей по сцене и задание сценариев поведения согласно инструкции по использованию программы и в соответствии с исходными данными. Провести расчет времени эвакуации людей. Сведения о необходимом расчете карты путей эвакуации и порядку запуска расчета отражены в инструкции по использованию программы. Полученные результаты занести в таблицу и построить графики процентного соотношения вышедших людей ко времени.

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

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

1. тепловой поток
2. повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения
3. паника при эвакуации

2. 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

3. 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,

4. После того, как локализованное воспламенение 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
5. Стохастические методы моделирования - это методы с использованием
  1. интегральных уравнений,
  2. дифференциальных уравнений,
  3. теории вероятности,
  4. теории эксперимента,
6. Какая модель используется для помещений, в которых один из геометрических размеров гораздо больше (меньше) остальных
  1. Интегральная
  2. Зонная
  3. Полевая
7. Тепловой поток, отнесённый к единице изотермической поверхности, называется
  1. плотностью теплового потока
  2. удельным тепловым потоком
  3. тепловой нагрузкой
8. 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
9. Для расчета ОФП стохастическими методами применяют:
  1. уравнение Клапейрона,
  2. уравнение Стокса,
  3. уравнение Бернулли,
  4. конечные цепи Маркова,
  5. уравнение Фурье-Кирхгофа
10. 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. Шкала оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок**

Система оценивания включает:

Форма контроля	Показатели оценивания	Критерии выставление 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	хорошо

	ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи; могут быть допущены недочеты, исправленные с помощью преподавателя.	
	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:

1. Astra Linux Common Edition релиз Орел - операционная система общего назначения. Лицензия №217800111-ore-2.12-client-6196
2. Astra Linux Special Edition - операционная система общего назначения. Лицензия №217800111-alse-1.7-client-medium-x86\_64-0-14545
3. Astra Linux Special Edition - операционная система общего назначения. Лицензия №217800111-alse-1.7-client-medium-x86\_64-0-14544
4. Fenix2+ – ПО-38С-720 [Лицензионное] (отечественного производства).

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

1. Портал открытых данных Российской Федерации <https://data.gov.ru/> (свободный доступ);
2. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru> (свободный доступ);
3. Система официального опубликования правовых актов в электронном виде <http://publication.pravo.gov.ru> (свободный доступ);
4. Электронная библиотека университета <http://elib.igps.ru> (авторизованный доступ);
5. Электронно-библиотечная система «ЭБС IPR BOOKS» <http://www.iprbookshop.ru> (авторизованный доступ).
6. Электронно-библиотечная система "Лань" <https://e.lanbook.com> (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. 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-abd4377ddd1>

### 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, ноутбуки, 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.

**Авторы:** доктор технических наук, профессор Моторыгин Ю.Д.