

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

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
«ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ТУШЕНИЯ»**

**Бакалавриат по направлению подготовки  
20.03.01 «Техносферная безопасность»**

**Направленность (профиль) – «Руководство проведением спасательных  
операций особого риска»**

Санкт-Петербург

# 1. Цели и задачи дисциплины «Теоретические основы процессов горения и тушения»

## Цели освоения дисциплины:

- формирование у обучающихся необходимых научных представлений о горении и взрыве, глубокого понимания этих явлений;
- формирование необходимого объема общих знаний по теории теплового и цепного взрыва, детонации и ударных волн, условиям возникновения и распространения пламени, параметрам горения газов, жидкостей, пылей и твердых горючих материалов условий перехода горения во взрыв, методам расчетов объема и состава продуктов горения, теплоты и температуры горения, основных показателей пожарной опасности, методов прекращения горения;

## Перечень компетенций, формируемых в процессе изучения дисциплины «Теоретические основы процессов горения и тушения»

Компетенции	Содержание
УК-1	Способность осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.
УК-6	Способность осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.
УК-8	Способность создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов.
ОПК-2	Способность обеспечивать безопасность человека и сохранение окружающей среды, основываясь на принципах культуры безопасности и концепции риск-ориентированного мышления
ПК - 1	Способен понимать основные закономерности процессов возникновения горения и взрыва, распространения и прекращения горения, способен прогнозировать размеры зон воздействия опасных факторов при авариях и пожарах в помещениях, зданиях и сооружениях, открытых технологических установках, использовать методики определения пожарно-технических характеристик строительных конструкций, зданий и сооружений, технологического оборудования по критериям надежности и работоспособности.

## Задачи дисциплины:

- формирование у обучающихся научного мировоззрения, базирующегося на научных представлениях о горении, взрыве и способах прекращения горения;

- овладение умениями применять полученные знания для объяснения процессов, протекающих на пожаре;
- изучение физико-химических основ оценки пожарной опасности, условий развития, распространения и прекращения горения на пожарах, определения пожарной опасности веществ и материалов,
- формирование умения научно-обоснованного выбора огнетушащих веществ для тушения пожаров.
- развитие познавательных интересов и интеллектуальных способностей в процессе самостоятельного приобретения знаний с использованием различных источников информации, в том числе компьютерных;

**2. Перечень планируемых результатов обучения дисциплины «Теоретические основы процессов горения и тушения», соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

<b>Индикаторы достижения компетенции</b>	<b>Планируемые результаты освоения образовательной программы</b>
<b>Универсальные компетенции</b>	
<b>Категория: системное и критическое мышление</b>	
<b>Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач. УК- 1</b>	
<b>Знает:</b>	<b>Знает:</b>
принципы сбора, отбора и обобщения информации, методики системного подхода для решения профессиональных задач. УК-1.1	принципы отбора информации о физико-химических и пожароопасных свойствах веществ и материалов из различных источников (учебники, справочные пособия, Интернет-ресурсы)
<b>Умеет:</b>	<b>Умеет:</b>
анализировать и систематизировать разнородные данные, оценивать эффективность процедур анализа проблем и принятия решений в профессиональной деятельности. УК-1.2.	анализировать данные различных источников, критически оценивать и сравнивать теоретические и экспериментальные данные физико-химических и пожароопасных свойств неорганических и органических веществ и материалов
<b>Владеет:</b>	<b>Владеет:</b>
навыками научного поиска и практической работы с информационными источниками; методами принятия решений. УК-1.3	навыками поиска информации из различных источников (учебники, справочные пособия, Интернет-ресурсы)
<b>Категория: самоорганизация и саморазвитие (в том числе здоровьесбережение)</b>	
<b>Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни. УК- 6</b>	
<b>Знает:</b>	<b>Знает:</b>
основные принципы самовоспитания и самообразования, исходя из требований рынка труда. УК-6.1.	основные принципы самовоспитания и самообразования: приобретение новых профессиональных знаний, в том числе смежных областей знаний,

	постоянное повышение квалификации в очном и дистанционном формате
Умеет:	Умеет:
демонстрировать умение самоконтроля и рефлексии, позволяющие самостоятельно корректировать саморазвитие по выбранной траектории. УК-6.2.	демонстрировать умение самоконтроля и рефлексии при самостоятельном выполнении курсовой работы по заданной теме
Владеет:	Владеет:
способами управления своей познавательной деятельностью и удовлетворения профессиональных интересов и потребностей. УК-6.3	способами управления познавательной деятельностью для решения профессиональной задачи - выполнения курсовой работы
<b>Категория: безопасность жизнедеятельности</b>	
<b>Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов. УК- 8</b>	
Знает:	Знает:
причины, признаки и последствия опасностей, способы защиты от чрезвычайных ситуаций; основы безопасности жизнедеятельности, телефоны служб спасения; меры оказания первой помощи пострадавшим от опасных факторов пожара. УК-8.1	причины, признаки и последствия воздействия опасных факторов пожара, способы защиты и снижения их опасности
Умеет:	Умеет:
выявлять признаки, причины и условия возникновения чрезвычайных ситуаций; оценивать вероятность возникновения потенциальной опасности для населения и территорий и принимать меры по ее предупреждению; оказывать первую помощь. УК-8.2	выявлять признаки воздействия опасных факторов пожара, их возникновения, развития и воздействия на человека; принимать меры по их предупреждению
Владеет:	Владеет
методами прогнозирования возникновения опасных или чрезвычайных ситуаций; навыками поддержания безопасных условий жизнедеятельности; навыками оказания первой помощи в зависимости от патологии. УК-8.3	методами прогнозирования возникновения опасных факторов пожара, навыками снижения их воздействия
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
<b>Способен обеспечивать безопасность человека и сохранение окружающей среды, основываясь на принципах культуры безопасности и концепции риск-ориентированного мышления. ОПК-2</b>	
Знает:	Знает:
основные подходы к обеспечению экологической безопасности технологических процессов, правовую и нормативно-техническую документацию по охране труда, безопасности и охране окружающей среды. ОПК-2.1	основные принципы защиты окружающей среды от антропогенных и природных загрязнителей, в том числе продуктов горения и огнетушащими веществами
Умеет:	Умеет:
производить оценку обеспечения безопасности человека и окружающей среды исходя из уровня	производить оценку характера загрязнения окружающей среды

допустимого риска. ОПК-2.2	химическими загрязнителями и продуктами горения, и огнетушащими веществами
Владеет:	Владеет:
навыками выбор методов и/или средств обеспечения безопасности человека и безопасности окружающей среды, отвечающих требованиям в области обеспечения безопасности, снижения рисков, в том числе в области минимизации вторичных негативных воздействий. ОПК-2.3	навыками выбора методов и средств для снижения антропогенного загрязнителей, в том числе продуктов горения и огнетушащих веществ
<b>Профессиональные компетенции</b>	
<b>Тип задач профессиональной деятельности: Проектно-конструкторский</b>	
<b>Способен понимать основные закономерности процессов возникновения горения и взрыва, распространения и прекращения горения, способен прогнозировать размеры зон воздействия опасных факторов при авариях и пожарах в помещениях, зданиях и сооружениях, открытых технологических установках, использовать методики определения пожарно-технических характеристик строительных конструкций, зданий и сооружений, технологического оборудования по критериям надежности и работоспособности. ПК-1</b>	
Знает:	Знает:
основные закономерности процессов возникновения горения и взрыва на разных стадиях развития пожара.	расчетные и экспериментальные методы определения основных показатели пожарной опасности веществ и материалов; методы анализа состояния горючей среды с учетом внешних условий
Умеет:	Умеет:
прогнозировать размеры зон воздействия опасных факторов при авариях и пожарах в помещениях, зданиях и сооружениях, открытых технологических установках.	рассчитывать объем и состав продуктов горения, теплоту сгорания и температуру горения, показатели пожарной опасности веществ и материалов; проводить анализ изменения параметров горения в зависимости от различных факторов
Владеет:	Владеет:
навыком использования методов расчета элементов конструктива зданий и сооружений, технологического оборудования по критериям надежности и работоспособности.	навыками теоретической и экспериментальной оценки пожарной опасности веществ и материалов

### **3. Место дисциплины «Теоретические основы процессов горения и тушения» в структуре основной профессиональной образовательной программы**

Дисциплина Б1.О.21 «Теоретические основы процессов горения и тушения» относится к обязательной части основной профессиональной образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 20.03.01

«Техносферная безопасность», направленность (профиль) – Руководство проведением спасательных операций особого риска.

#### 4. Структура и содержание дисциплины «Теоретические основы процессов горения и тушения»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц 252 часа.

##### 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	
			1	2
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	7	252	108	144
Контактная работа, в том числе:		128	54	74
<b>Аудиторные занятия</b>		126	54	72
Лекции (Л)		20	10	10
Практические занятия (ПЗ)		58	26	32
Лабораторные работы (ЛР)		48	18	30
консультации перед экзаменом		2		2
<b>Самостоятельная работа (СР)</b>		88	54	34
Курсовая работа		+		+
<b>Зачет</b>		+	+	
<b>Экзамен</b>		36		36

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

для очной формы обучения

№ пп	Наименование тем	Всего часов	Количество часов по видам занятий			Самостоятельная работа	Консультация	Контроль
			Лекции	Практические	Лабораторные работы			
1	2	3	4	5	6	7	8	9

1	Физико-химическая природа процессов горения	22	4	4	4	10		
2	Материальный и тепловой баланс процессов горения	26		8	4	14		
3	Самовоспламенение	20	2	4	4	10		
4	Самовозгорание	18	2		6	10		
5	Вынужденное воспламенение (зажигание)	18	2	6		10		
	Зачет	4		4				
6	Горение газо-паровоздушных смесей	14	2	6		6		
7	Горение жидкостей	20	2	6	6	6		
8	Горение твердых веществ и материалов	20	2	6	6	6		
9	Взрывы. Ударные волны и детонация	16		4	6	6		
10	Прекращение горения	24	2	4	12	6		
11	Динамика пожара	12	2	6		4		
	Консультация	2					2	
	Экзамен	36						36
	<b>Итого</b>	<b>252</b>	<b>20</b>	<b>58</b>	<b>48</b>	<b>88</b>	<b>2</b>	<b>36</b>

### 4.3 Содержание дисциплины для обучающихся:

#### очной формы обучения

#### Тема 1. Физико-химическая природа процессов горения

**Лекция.** Современные проблемы обеспечения пожарной безопасности на промышленных хозяйственных объектах.

Исторический обзор науки о горении. Роль российской научной школы. Предмет, теоретическая база и связь с другими дисциплинами.

Физико-химические основы горения; виды пламени и скорости его распространения; условия возникновения и развития процессов горения. Основные виды горючего, окислителей и источников зажигания.

Химические реакции, сопровождающие горение, их особенности. Молекулярно-кинетическое представление о процессе горения. Зависимость скорости реакции горения от температуры и давления. Диффузионное горение в воздухе – как основной процесс на пожарах. Пламя, температура пламени, и их излучение.

**Практическое занятие.** Характеристики процессов горения

**Лабораторная работа.** Классификация процессов горения газов, жидкостей и твердых веществ: гомогенное и гетерогенное, кинетическое и диффузионное, ламинарное и турбулентное, дефлаграционное и детонационное, особенности каждого вида горения.

**Самостоятельная работа.** Пожар, основные явления, протекающие на пожаре (выделение теплоты и продуктов горения, конвективный массо-(газо)-обмен, теплоизлучение зоны горения). Явления, сопровождающие пожар, Опасные факторы пожара и их воздействие на человека.

Химические реакции, сопровождающие горение, их особенности. Молекулярно-кинетическое представление о процессе горения. Зависимость скорости реакции горения от температуры и давления.

**Рекомендуемая литература:**

Основная литература: [1-2]

Дополнительная литература: [1-2]

**Тема 2. Материальный и тепловой баланс процесса горения**

**Практическое занятие.** Материальный баланс процессов горения. Брутто-уравнение реакции горения. Расход воздуха на горение. Стехиометрический состав горючей смеси. Коэффициент избытка воздуха, объем и состав продуктов горения. Химический и физический недожог. Дым и его основные характеристики, коэффициент дымообразования.

Тепловой баланс процессов горения. Термохимическое брутто-уравнение процесса горения. Высшая и низшая теплота горения, аддитивность теплот, формула Д.И.Менделеева. Температура горения (теоретическая, калориметрическая, адиабатическая и действительная).

**Лабораторная работа.** Материальный баланс процесса горения

**Самостоятельная работа.** Расчет материального и теплового баланса процесса горения для индивидуального вещества.

**Рекомендуемая литература:**

Основная литература: [1-2]

Дополнительная литература: [1-2]

**Тема 3. Самовоспламенение**

**Лекция.** Радикально-цепной механизм окисления. Образование, разветвление и обрыв цепи, скорость реакции, зависимость. Понятие о цепном самоускорении химических реакций, приводящих к самовоспламенению и взрыву. Элементы тепловой теории Н.Н.Семенова, тепловой взрыв (тепловое самовоспламенение). Критические условия теплового взрыва. Индукционный период, температура самовоспламенения. Диффузионная теория горения. Влияние внешних условий на температуру самовоспламенения. Экспериментальные и расчетные методы определения температуры самовоспламенения газов, паров и пылей в воздухе. Минимальная, стандартная, критическая и истинная температура самовоспламенения.

Теории горения: тепловая, цепная, диффузионная.

**Практическое занятие.** Температура самовоспламенения веществ и материалов.

**Лабораторная работа.** Экспериментальное определение температуры самовоспламенения.

**Самостоятельная работа.** Радикально-цепной механизм процессов окисления и его основные закономерности. Элементы тепловой теории самовоспламенения горючих смесей. Температура самовоспламенения как

показатель пожарной опасности, практическое значение и методы ее определения. Методы определения температуры самовоспламенения и влияние на ее величину различных факторов.

**Рекомендуемая литература:**

Основная литература: [1-2]

Дополнительная литература: [1-2]

#### **Тема 4. Самовозгорание**

**Лекция.** Низкотемпературное окисление горючих веществ. Механизм процесса самонагревания на воздухе. Механизм микробиологического, теплового и химического самовозгорания. Самовозгорание жиров и масел, твердых горючих ископаемых, продуктов растительного происхождения. Критические условия самовозгорания, период индукции.

**Лабораторная работа.** Экспериментальное изучение процессов самовозгорания

**Самостоятельная работа.** Отличие процессов самовозгорания от процессов самовоспламенения и зажигания. Определение самовозгорания и самонагревания. Механизм процессов теплового самовозгорания веществ. Самовозгорание химических веществ при взаимодействии с кислородом воздуха, водой и при контакте друг с другом.

**Рекомендуемая литература:**

Основная литература: [1-2]

Дополнительная литература: [1-2]

#### **Тема 5. Вынужденное воспламенение (зажигание)**

**Лекция.** Механизм процесса зажигания и его отличие от самовоспламенения. Виды источников зажигания. Элементы тепловой теории зажигания нагретым телом Я.Б.Зельдовича. Критические условия зажигания. Влияние на температуру зажигания состава и давления горючей смеси, катализаторов и флегматизаторов, размеров тела и площади нагретой поверхности.

**Практическое занятие.** Условия зажигания. Зажигание электрической искрой. Ионная и тепловая теории искрового зажигания. Тепловая модель зажигания электрической искрой по Я.Б.Зельдовичу. Критические условия зажигания. Эквивалентный критический радиус сферы и критическое количество теплоты. Минимальная энергия зажигания.

**Самостоятельная работа.** Отличие механизма зажигания от самовоспламенения. Сущность тепловой теории зажигания. Особенности зажигания паровоздушных смесей нагретой поверхностью. Основные виды источников зажигания. Особенности зажигания электрической искрой. Минимальная энергия зажигания. Зависимость минимальной энергии зажигания от различных факторов. Практическое применение минимальной энергии зажигания.

### **Рекомендуемая литература:**

Основная литература: [1-2]

Дополнительная литература: [1-2]

## **Тема 6. Горение газо-паровоздушных смесей**

**Лекция.** Физико-химических процессы, протекающих при горении смесей паров и газов. Необходимые и достаточные условия для горения газов. Основные особенности горения паров и газов. Классификация газов по пожарной опасности.

**Практическое занятие.** Показатели пожарной опасности газо-паровоздушных смесей, область применения и методы их определения. Задания на курсовое проектирование.

**Самостоятельная работа.** Механизм горения газовых фонтанов. Горение пыле-метановоздушных смесей в угольных шахтах. Концентрационные пределы распространения пламени.

Основная [1-2];

Дополнительная [1-2]

## **Тема 7. Горение жидкостей**

**Лекция.** Изучение физико-химических процессов, протекающих при горении жидкостей. Необходимые и достаточные условия горения жидкостей. Основные особенности горения жидкостей. Прогрев жидкостей в глубину. Вскипание и выброс при горении жидкостей. Влияние факторов окружающей среды на скорость выгорания жидкостей. Основной показатель пожарной опасности жидкостей, методы определения и практическое значение. Классификация жидкостей по пожарной опасности.

**Практическое занятие.** Показатели пожарной опасности жидкостей. Показатели пожарной опасности жидкостей область применения и методы их определения.

**Лабораторная работа.** Изучение предельных режимов горения. Определение температуры вспышки.

**Самостоятельная работа.** Диффузионное горение жидкостей. Удельная массовая и линейная скорости выгорания жидкости. Тепловой баланс процесса горения жидкости в резервуаре. Прогрев жидкости в глубину резервуара. Вскипание и выброс горящих жидкостей на пожарах. Основные меры безопасности при горении жидкости. Расчет факела при горении жидкости.

### **Рекомендуемая литература:**

Основная [1-2];

Дополнительная [1-2]

## **Тема 8. Горение твердых веществ и материалов**

**Лекция.** Поведение твердых веществ при нагревании, процессы образования летучих веществ. Пиролиз древесины и других органических материалов, его основные стадии, состав продуктов пиролиза.

Воспламенение твердых веществ и материалов, особенности механизма зажигания и распространения пламени по поверхности твердого вещества, движущие силы процесса, линейная скорость распространения пламени. Индекс распространения пламени по поверхности твердых горючих материалов и методы его определения.

Механизм выгорания твердых веществ. Линейная и массовая скорость выгорания. Расчетные и экспериментальные методы определения массовой скорости выгорания.

Тление, его механизм. Склонность к тлению и пожарная опасность различных материалов. Способы предотвращения возникновения и развития процессов тления.

Особенности горения полимерных материалов. Пожарная опасность термопластичных и терморезистивных полимерных материалов. Влияние состава полимерных материалов на динамику развития их горения и поражающие факторы.

**Практическое занятие.** Показатели пожарной опасности твердых горючих материалов.

Особенности горения металлов: летучие и нелетучие металлы, влияние оксидных пленок. Дымообразование и состав дыма.

**Лабораторная работа.** Горение пылей. Условия образования пылевоздушных горючих смесей. Общие представления о теории распространения пламени по аэрозолям. Минимальная энергия зажигания и температура самовоспламенения пылей. Концентрационные пределы распространения пламени по аэрозолям.

**Самостоятельная работа.** Изучение физико-химических основ термической деструкции ТГМ, как основной стадии процессов горения. Механизм, продукты. Основные закономерности процессов горения твердых органических материалов. Особенности горения металлов. Особенности горения пылевидных веществ. Показатели пожарной опасности твердых веществ и материалов, методы их определения.

**Рекомендуемая литература:**

Основная [1-2];

Дополнительная [1-2]

**Тема 9. Взрывы. Ударные волны и детонация**

**Практическое занятие.** Взрывы, типы взрывов, физические и химические взрывы, классификация взрывов по плотности вещества, по типам химических реакций, энергия и мощность, форма ударной волны, длительность импульса.

**Лабораторная работа.** Распространение пламени в ограниченном объеме. Расчет давления взрыва. Объемные взрывы газопаровоздушных и пылевоздушных смесей. Основные свойства и параметры ударных волн.

**Самостоятельная работа.** Взрывчатые вещества.

**Рекомендуемая литература:**

Основная [1-2];

Дополнительная [1-2]

## **Тема 10. Прекращение горения**

**Лекция.** Тепловая теория гашения пламени. Предельные режимы нормального горения, методы их оценки для реальных паровоздушных систем. Способы тушения пожаров. Классификация огнетушащих веществ и способы тушения пожаров.

Связь скорости распространения пламени со скоростью химических реакций и теплообменом во фронте пламени. Предельные параметры процессов горения: концентрационные пределы распространения пламени, критическая энергия и температура зажигания, давление, скорость распространения пламени, теплота и температура горения. Практическое применение теории прекращения пламени.

Условия, необходимые для прекращения горения. Влияние режима горения и агрегатного состояния пожарной нагрузки на способы тушения пожара. Понятие "огнетушащие вещества" и их виды. Огнетушащие вещества, их свойства, область применения, эксплуатационные особенности. Классификация огнетушащих веществ по механизму действия на процесс горения. Поверхностное и объемное тушение.

**Практическое занятие.** Область применения, достоинства, недостатки. Негорючие газы в качестве огнетушащих веществ. Область применения, достоинства, недостатки. Галогенуглеводороды как огнетушащие вещества. Область применения, достоинства, недостатки. Огнетушащие порошковые составы, механизм действия, эксплуатационные свойства и методы их контроля. Область применения, достоинства, недостатки. Пути повышения эффективности основных огнетушащих веществ. Основные типы комбинированных огнетушащих составов.

Вода как огнетушащее вещество. Основные физико-химические свойства воды. Механизм гасящего действия воды в зависимости от способа ее подачи, режима горения, пожарной нагрузки и ее вида. Теоретический и практический расход воды на тушение.

Негорючие газы (флегматизаторы), их основные физико-химические свойства. Механизм гасящего действия негорючих газов, огнетушащие концентрации. Эксплуатационные особенности. Токсичность и коррозионные свойства. Области применения.

Галогенуглеводороды (хладоны) и их применение в качестве ингибиторов горения. Основные физико-химические, токсические и эксплуатационные свойства хладонов. Механизм ингибирующего действия

хладонов на процессы горения. Основные представители огнетушащих хладонов и область их применения.

Огнетушащие порошковые составы, механизм огнетушащего действия. Физико-химические и эксплуатационные свойства порошков, их особенности. Основные представители порошковых составов и область их применения для тушения пожаров.

Пути повышения эффективности огнетушащих веществ и составов.

Комбинированные огнетушащие составы и механизм их действия. Водно-газовые и водно-хладоновые пены. Тушение пожаров водой с добавками смачивателей и загустителей. Применение смесей хладонов с негорючими газами, пены с порошками и тонко распыленной водой.

Расчет минимальной флегматизирующей концентрации флегматизатора, минимального взрывоопасного содержания кислорода, критического огнегасящего диаметра.

**Лабораторная работа.** Исследование свойств огнетушащих пен. Пены как огнетушащие вещества. Основные свойства пен. Способы получения пены. Область применения пены для целей пожаротушения. Пенообразователи, применяемые в пожарном деле, их основные эксплуатационные свойства.

Определение оптимальной и критической интенсивности подачи огнетушащих веществ

**Самостоятельная работа.** Практическое применение теории гашения. Огнепреградитель, физико-химические основы его действия. Механизм взаимодействия воды с горячей поверхностью. Область применения, основные характеристики и оценка качества пен. Эксплуатационные свойства и контроль качества ОПС. Методы повышения огнетушащей эффективности ОТВ.

**Рекомендуемая литература:**

Основная [1-2];

Дополнительная [1-2]

## **Тема 11. Динамика пожара**

**Лекция.** Классификация пожаров. Параметры пожара. Динамика развития пожара в закрытом помещении. Предельные режимы процесса горения.

**Практическое занятие.** Предельные режимы процесса горения.

Защита курсовых работ.

**Самостоятельная работа.** Классификация и характеристика природных пожаров

**Рекомендуемая литература:**

Основная [1-2];

Дополнительная [1-2]

## **5. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины «Теоретические основы процессов горения и тушения»**

При реализации программы учебной дисциплины «ТОПГиТ» используется образовательная технология, предполагающая, что в рамках одной темы объединяются лекция, практические и лабораторные работы.

Общими целями всех видов занятий являются:

- обобщение, систематизация, углубление, закрепление теоретических знаний по конкретным темам учебного курса;
- формирование широкого кругозора, компетентности в трактовке нормативно-правовых актов, создание новых знаний обучающиеся;
- формирование профессионально значимых качеств: самостоятельности, ответственности, точности и др.

Целями лекции являются:

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

Целями практических занятий являются:

- обобщение, систематизация, углубление, закрепление теоретических знаний по конкретным темам учебного курса химии;
- формирование умений применять полученные знания на практике, реализацию единства интеллектуальной и практической деятельности;
- выработка при решении поставленных задач профессионально значимых качеств: самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.
- выполнение вычислений, расчетов;
- работа с нормативными документами, инструктивными материалами, справочниками.

Целями лабораторных работ являются:

- формирование практических умений работы при соблюдении правил техники безопасности с лабораторным оборудованием и химическими веществами;
- формирование исследовательских умений (наблюдать, сравнивать, анализировать, устанавливать зависимости, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследование, оформлять результаты);
- экспериментальная проверка формул, методик расчета, установление и подтверждение закономерностей, ознакомление с методиками проведения экспериментов, установление свойств веществ, их качественных и количественных характеристик.

Консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, и носят групповой характер.

**Самостоятельная работа обучающихся** направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям, зачетам и экзаменам.

## 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, докладов, решения задач, тестирования.

Промежуточная аттестация обеспечивает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине, проводится в форме зачета, курсовой работы и экзамена.

## **6.1. Примерные оценочные материалы**

### **6.1.1. Текущего контроля**

#### **Типовые вопросы для опроса:**

1. Дайте определение пожара и назовите необходимые и достаточные условия горения.
2. Приведите примеры негорючих веществ.
3. Приведите пример гетерогенного диффузионного горения.
4. Что характеризует критерий Рейнольдса.
5. Приведите примеры простых и сложных горючих неорганических веществ.
6. Что называется горением? В каких случаях горение сопровождается пламенем?
7. Перечислите химические процессы, протекающие в пламени.
8. В чем различие дефлаграционного и детонационного горения?
9. Перечислите физические процессы, протекающие в пламени.
10. В какой части пламени наблюдается самая высокая температура для кинетического горения?

#### **Типовые темы для докладов:**

1. Огнезащитные покрытия
2. Способы снижения горючести полимерных материалов.
3. Комбинированные огнетушащие вещества.

#### **Типовые задачи:**

1. Рассчитать объем продуктов горения при полном сгорании в воздухе 5 кг  $\text{H}_2\text{S}$ . Условия нормальные,  $\alpha = 1,5$ .
2. Имеется 5 м<sup>3</sup> газовой смеси из 60 %  $\text{H}_2$  и 40 %  $\text{CO}_2$ . Определить объем продуктов горения при полном сгорании этой смеси в воздухе. Условия нормальные.
3. Написать выражение для расчета числа молей ПГ при полном сгорании в воздухе 1 моля пентаналя  $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}$ , если  $\alpha = 1,2$ .
4. Вычислить иодное число масла следующего состава: глицеридов пальмитиновой и стеариновой кислот – 9 %; глицеридов олеиновой кислоты - 38 %; глицеридов линолевой кислоты - 53 %;

глицеридов линоленовой кислоты - 0 %.

5. Рассчитать концентрацию декана  $C_{10}H_{22}$  в %, при которой коэффициент избытка воздуха будет равен 1.

6. Какой объем ацетона  $C_3H_6O$  ( $\rho = 0,792$  г/мл) необходимо поместить в емкость объемом 1 л для определения стандартной температуры самовоспламенения?

### Типовые задания для тестирования:

1. Критические условия зажигания нагретым телом

1.  $\frac{dT}{dx} = 0$  ;    2.  $\frac{dT}{dx} < 0$  ;    3.  $\frac{dT}{dx} > 0$

2. Температурой горения называется максимальная температура:

1. Окружающей среды
2. Горючего вещества
3. Продуктов горения

3. Какой график соответствует зависимости температуры самовоспламенения от концентрации флегматизатора?

4. Учитывается диссоциация ПГ при расчете температуры горения

1. Калориметрической  
2. Действительной  
3. Теоретической  
4. Адиабатической

5. В состав вещества входят углерод, водород и влага. В составе продуктов полного сгорания в воздухе будут

1.  $CO_2, H_2O, N_2$
2.  $H_2O, CO_2$
3. сажа,  $H_2O, N_2$
4.  $CO, CO_2, N_2, H_2O$

### 6.1.2. Промежуточной аттестации

#### Тематика курсовой работы

Оценка пожарной опасности горючих жидкостей

#### Примерный перечень вопросов, выносимых на зачет

1. Дайте определение понятию «горение».
2. Назовите процессы, протекающие при пожаре.
3. Назовите необходимые и достаточные условия для горения.

4. Дайте определение понятию «пожар».
5. В чем отличие кинетического горения от диффузионного горения?
6. Что является движущей силой конвективных потоков на пожаре?
7. Какой процесс лежит в основе горения?
8. Перечислите основные признаки горения.
9. Приведите классификацию горючих материалов.
10. Как в пожарно-технических расчетах записывают химические процессы при горении?
11. От чего зависит скорость химической реакции при горении?
12. Какие физические процессы протекают при горении?
13. Что такое гомогенное горение?
14. Что такое гетерогенное горение?
15. Дайте определение пламени.
16. Охарактеризуйте фронт пламени и процесс в нем происходящие.
17. Что такое горение в ламинарном режиме?
18. Что такое горение в турбулентном режиме?
19. От чего зависит полное время горения?
20. Назовите опасные факторы пожара.
21. Отражает ли суммарное уравнение реакции горения действительно происходящие процессы?
22. Что называется удельным расходом воздуха на горение?
23. Как определяется удельный расход воздуха на горение, если горючее – индивидуальное химическое соединение?
24. Как определяется удельный расход воздуха на горение, если горючее – вещество неизвестного химического строения, но известного элементного состава?
25. Как называется концентрация горючего, ниже которой горение прекращается?
26. Какие бывают виды горения?
27. Когда наблюдается кинетическое горение?
28. Когда наблюдается диффузионное горение?
29. Изобразите схему распределения продуктов горения в пламени.
30. Изобразите схему распределения паров горючего в пламени.
31. Чем объяснить, что при горении одного и того же вещества может выделяться разное количество теплоты?
32. Дайте определение низшей и высшей теплоты горения.
33. При реальных пожарах выделяется высшая или низшая теплота горения? Почему?
34. Как рассчитать теплоту горения, если горючее – индивидуальное химическое соединение?
35. Как рассчитать теплоту горения, если горючее – вещество неизвестного химического строения, но известного элементного состава?
36. Какие условия принято называть нормальными (давление, температура)?
37. Что такое удельная теплота горения и какова ее размерность?

38. В чем отличие теоретической, калориметрической, адиабатической и действительной температуры горения?
39. Что нужно знать, чтобы рассчитать температуру горения?
40. Как рассчитать в первом приближении температуру горения?
41. Как произвести более точный расчет температуры горения?
42. Чему приблизительно равна температура горения древесины, нефтепродуктов?
43. У каких веществ максимальная температура горения в воздухе?
44. Как влияет природа окислителя на температуру горения? Где она выше: при горении в воздухе, в кислороде или фторе?
45. Что такое самовоспламенение?
46. Какие две основных теории объясняют процесс самовоспламенения?
47. Отличие процессов самовоспламенения от процессов самовозгорания.
48. Радикально-цепной механизм процессов окисления и его основные закономерности.
49. Элементы тепловой теории самовоспламенения горючих смесей.
50. Температура самовоспламенения как показатель пожарной опасности, практическое значение.
51. Методы определения температуры самовоспламенения и влияние на ее величину различных факторов.
52. Отличие процессов самонагрева и самовозгорания веществ.
53. Самовозгорание жиров и масел.
54. Что такое йодное число и как оно характеризует склонность масел к самовозгоранию?
55. Самовозгорание углей и продуктов растительного происхождения.
56. Самовозгорание химических веществ (химическое самовозгорание).
57. Какой признак при экспертизе пожаров указывает на причину пожара – самовозгорание?
58. Чем отличается механизм зажигания от самовоспламенения и самовозгорание
59. В чем заключается сущность тепловой теории зажигания?
60. Каковы особенности зажигания паровоздушных смесей нагретой поверхностью?
61. Перечислите основные виды источников зажигания.
62. Каковы особенности зажигания паровоздушных смесей электрической искрой?
63. Что такое минимальная энергия зажигания?
64. Какова зависимость минимальной энергии зажигания от некоторых факторов?
65. Практическое применение минимальной энергии зажигания.

#### **Примерный перечень вопросов, выносимых на экзамен**

1. Распределение  $t^\circ$  в горящих жидкостях.
2. Какова  $t^\circ$  поверхности жидкости при установившемся ее горении?

3. Что такое температура кипения и скорость испарения ( $W$ ). Зависимость  $W$  от  $P_{\text{нас}}$ ,  $t^\circ$ , скорости воздушного потока.
4. Как изменится скорость распространения пламени по поверхности жидкости при увеличении начальной  $t^\circ$  жидкости?
5. Какие условия необходимы, чтобы произошло воспламенение жидкости?
6. Методы расчета температуры вспышки, ее практическое значение.
7. Зависимость давления насыщенного пара от температуры. Уравнение Клайперона – Клаузиуса.
8. Зависимость  $P_{\text{нас}}$  от  $t^\circ$ . Уравнение Антуана.
9. Методы определения концентрации ненасыщенного пара в производственных помещениях и оценка их опасности.
10. Как изменяется температура вспышки горючих растворов при изменении концентрации горючего компонента?
11. Методы определения концентрации насыщенного пара в аппаратах и резервуарах, и оценка их опасности.
12. Линейная скорость выгорания и скорость распространения пламени по ГЖ.
13. Связь между температурными и концентрационными пределами распространения пламени.
14. Классификация жидкостей на ЛВЖ и ГЖ?
15. Температурные пределы распространения пламени, их практическое значение.
16. Причины образования гомотермального слоя в горящих жидкостях.
17. Движущая сила процесса распространения пламени по ГЖ?
18. Зависимость скорости выгорания ГЖ от уровня жидкости в резервуаре?
19.  $t^\circ$  вспышки, ее практическое значение.
20. Вскипание, причины, условия, меры профилактики.
21. Зависимость скорости распространения пламени по ГЖ при изменении условий окружающей среды.
22. Массовая и линейная скорости выгорания жидкости, их взаимосвязь.
23. Как изменяется  $t^\circ$  вспышки жидкостей в гомологическом ряду предельных углеводородов?
24. Выброс нефтепродуктов из резервуаров, причины, условия, меры профилактики.
25. На что расходуется теплота, падающая от пламени на поверхность горячей жидкости.
26. Особенности горения металлов.
27. Основные характеристики возникновения, распространение пламени и горения твердых органических веществ.
28. Индекс распространения пламени по поверхности ТГМ.
29. Основные стадии процессов термического разложения древесины.
30. Показатели токсичности продуктов горения ТГМ.
31. Тление, его особенности. Температура тления, практическое применение.
32. Приведенная массовая скорость выгорания, практическое применение.
33. Особенности горения пылевидных веществ.
34. Схема распространения пламени по поверхности ТГМ.

35. Показатель горючести ТГМ, практическое применение.
36. Состав продуктов термического разложения ТГМ.
37. Показатели пожарной опасности горючих пылей, область их практического применения.
38. Причины химического недожога при горении ТГМ.
39. НКПР пылей, область применения, зависимость от различных условий.
40. Основные закономерности термической деструкции органических веществ.
41. Как подразделяются горючие вещества по агрегатному состоянию при определении показателей пожарной опасности?
42. Что называется температурой вспышки, для каких веществ она определяется, ее практическое применение, безопасные температуры нагрева ГЖ по температуре вспышки?
43. Что такое температура самовоспламенения, для каких веществ она определяется, ее практическое применение, безопасные температуры нагрева неизолированных поверхностей по температуре самовоспламенения?
44. Что такое область воспламенения, ее практическое применение, для каких веществ определяется, взрывобезопасные концентрации газов и паров ГЖ в смесях с воздухом?
45. Что такое температурные пределы распространения пламени, для каких веществ определяются, безопасные температуры нагрева ГЖ?
46. Что такое температура тления, для каких веществ определяется, ее практическое применение, безопасные температуры нагрева веществ по температуре тления?
47. Условия теплового самовозгорания, для каких веществ определяется, их практическое применение, безопасные температуры нагрева веществ и материалов по температуре самовозгорания?
48. Что такое минимальная энергия зажигания, для каких веществ определяется, ее практическое применение, безопасные источники зажигания по значению их энергии?
49. Что такое критический гасящий диаметр, для каких веществ определяется, его практическое применение?
50. Что такое группа горючести, для каких веществ определяется, ее практическое применение?
51. Что такое температура воспламенения, для каких веществ определяется, ее практическое применение?
52. Способность взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и другими веществами как показатель пожарной опасности, для каких веществ определяется, практическое применение этого показателя?
53. Что такое нормальная скорость распространения пламени, для каких веществ определяется, ее практическое применение?
54. Что такое скорость выгорания, для каких веществ определяется, ее практическое применение?
55. Коэффициент дымообразования, определение, классификация, область применения, сущность метода определения?

56. Что такое индекс распространения пламени, для каких веществ определяется, его практическое применение?
57. Что такое показатель токсичности продуктов горения полимерных материалов, его практическое применение?
58. Что такое минимальное взрывоопасное содержание кислорода, для каких веществ определяется, его практическое применение?
59. Что такое максимальное давление взрыва, для каких веществ определяется, его практическое применение?
60. Взрывы, возникновение ударных волн.
61. Особенности детонации газопаровоздушных систем.
62. Тротильный эквивалент.
63. Что такое скорость нарастания давления при взрыве, для каких веществ определяется, ее практическое применение?
64. Тепловая теория гашения пламени
65. Предельные режимы нормального горения, методы их оценки для реальных паровоздушных систем.
66. Основные способы тушения пожаров.
67. Классификация огнетушащих веществ и способы тушения пожаров.
68. Огнетушащая эффективность огнетушащих веществ и методы их оценки.
69. Практическое применение теории гашения. Огнепреградитель, физико-химические основы его действия.
70. Вода как огнетушащее вещество. Область применения, достоинства, недостатки.
71. Пены в качестве огнетушащего вещества. Физико-химические основы получения. Область применения, достоинства, недостатки.
72. Негорючие газы в качестве огнетушащих веществ. Область применения, достоинства, недостатки.
73. Галогенуглеводороды как огнетушащие вещества. Область применения, достоинства, недостатки.
74. Огнетушащие порошковые составы, механизм действия, эксплуатационные свойства и методы их контроля. Область применения, достоинства, недостатки.
75. Пути повышения эффективности основных огнетушащих веществ. Основные типы комбинированных огнетушащих составов.

## **6.2. Шкала оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок**

Система оценивания включает:

Форма контроля	Показатели оценивания	Критерии выставления оценок	Шкала оценивания
курсовая работа	содержание, оформление, полнота и защита работы	работа выполнена самостоятельно, имеет научно-практический характер, содержит элементы новизны; оформление отвечает установленным требованиям; показано знание теоретического материала по рассматриваемой теме, умение анализировать, аргументировать	отлично

		свою точку зрения, делать обобщение и выводы; материал излагается грамотно, логично, последовательно; во время защиты показано умение кратко, доступно представить результаты исследования, адекватно ответить на поставленные вопросы.	
		работа выполнена самостоятельно, имеет научно-практический характер, содержит элементы новизны; имеются недочеты в оформлении курсовой работы; показано знание теоретического материала по рассматриваемой теме, умение анализировать, аргументировать свою точку зрения, делать обобщение и выводы; материал не всегда излагается логично, последовательно; во время защиты показано умение кратко, доступно представить результаты исследования, однако затруднены ответы на поставленные вопросы.	хорошо
		работа выполнена самостоятельно, не содержит элементы новизны; имеются недочеты в оформлении курсовой работы; не в полной мере владение теоретическим материалом по рассматриваемой теме, анализ и аргументирование точки зрения, обобщение и выводы вызывают затруднения; материал не всегда излагается логично, последовательно; во время защиты имеются затруднения в представлении результатов исследования и ответах на поставленные вопросы.	удовлетворительно
		работа выполнена не самостоятельно, не имеет научно-практический характер, не содержит элементы новизны; оформление не соответствует установленным требованиям; отсутствует понимание и владение материалом по рассматриваемой теме.	неудовлетворительно
зачет	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; 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; дан недостаточно правильный и полный ответ; логика и последовательность изложения имеют нарушения; в ответе	зачтено

		отсутствуют выводы.	
		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.	не зачтено
экзамен	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-EB7-115;
- Google Chrome – Браузер [Открытая]; ПО-F2C-926;
- LibreOffice – Пакет офисных приложений [Открытая]; ПО-SBV-979;
- Альт Образование 8 – Системное программное обеспечение. Операционная система. [Открытая]; ПО-534-102.

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

Информационная справочная система — Сервер органов государственной власти Российской Федерации <http://россия.рф/> (свободный доступ); профессиональные базы данных — Портал открытых данных Российской Федерации <https://data.gov.ru/> (свободный доступ); федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru> (свободный доступ); система официального опубликования правовых актов в электронном виде <http://publication.pravo.gov.ru/> (свободный доступ); федеральный портал «Совершенствование государственного управления» <https://ar.gov.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. Теория горения и взрыва : учебник для вузов МЧС России по спец. 28010465 - Пожарная безопасность: [гриф МЧС] / В. Р. Малинин [и др.] ; ред. В. С. Артамонов ; МЧС России. - СПб. : СПбУ ГПС МЧС России, 2009. - 280 с.  
Режим доступа: <http://elib.igps.ru/?84&type=card&cid=ALSFR-171ddc57-2e70-4373-a34c-9592fca88130>

2. Теоретические основы процессов горения и тушения : учебник для вузов МЧС России по направлению подготовки 20.03.01 – Техносферная безопасность: [гриф МЧС]/ Е.Г.Коробейникова, Д.Ф. Кожевин, Н.Ю. Кожевникова. - СПб. : СПбУ ГПС МЧС России, 2021. - 471 с.

### **Дополнительная литература**

1. Мельник, Антон Анатольевич. Физико-химические основы развития и тушения пожаров. Исследование пожаровзрывоопасности горючих жидкостей : учебное пособие по выполнению курсовой работы по спец. 280104.65 "Пож. безопасность" / А. А. Мельник ; МЧС России. - СПб. : СПбУ ГПС МЧС России, 2008. - 114 с.

Режим доступа: <http://elib.igps.ru/?&type=card&cid=ALSFR-db33b9eb-a6d0-4b3d-a414-89609cdc2af5>

2. Корольченко, Александр Яковлевич. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения : справочник. Ч. 2 / А. Я. Корольченко. - М. : Пожнаука, 2000. - 757 с.

Режим доступа: <http://elib.igps.ru/?&type=card&cid=ALSFR-1aa9e1b9-dc5d-4b3b-b2c4-461fd4a9f842>

#### **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.

Лаборатория теоретических основ процессов горения и тушения оснащена в соответствии с тематикой рабочей программы дисциплины.

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

**Автор:** кандидат химических наук, доцент Коробейникова Е.Г.