

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Горбунев Алексей Александрович

Должность: Заместитель начальника университета по учебной работе

Дата подписания: 09.07.2025 11:42:54

Уникальный программный ключ:

286e49ee1471d400cc1f45539d51ed7bbf0e9cc7

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

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ  
ГОРЕНИЯ**

**Специалитет по специальности  
27.05.01 Специальные организационно-технические системы  
специализация «Информационно-аналитическая деятельность в  
специальных организационно-технических системах»**

## 1. Цели и задачи дисциплины

### Цели освоения дисциплины:

- формирование целостного мировоззрения и развитие системно-эволюционного стиля мышления;
- формирование системы знаний процессов горения как фундаментальной базы инженерной подготовки;
- формирование навыков по грамотному применению основных понятий и законов физической химии в процессе научного анализа проблемных ситуаций, которые инженер должен разрешать при создании новой техники и новых технологий.
- ознакомление с историей и логикой основных открытий физической химии.

### Перечень компетенций, формируемых в процессе изучения дисциплины

Компетенции	Содержание
ОПК – 1	Способен анализировать и выявлять естественно-научную сущность проблем управления в технических системах на основе приобретенных знаний

### Задачи дисциплины:

- освоение знаний о химической составляющей естественно-научной картины мира, важнейших химических понятиях, законах и теориях;
- овладение умениями применять полученные знания для объяснения разнообразных химических явлений и свойств веществ, оценки роли химии в развитии современных технологий и получении новых материалов;
- развитие познавательных интересов и интеллектуальных способностей в процессе самостоятельного приобретения химических знаний с использованием различных источников информации, в том числе компьютерных;
- воспитание убежденности в позитивной роли физической химии в жизни современного общества, необходимости химически грамотного отношения к своему здоровью и окружающей среде;
- применение полученных знаний и умений для безопасного (в том числе обеспечение пожарной безопасности) использования веществ и материалов в быту, сельском хозяйстве и на производстве, решения практических задач в повседневной жизни, предупреждения явлений, наносящих вред здоровью человека и окружающей среде.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения дисциплины, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ОПК-1.1 Использует основные положения профильных разделов математических и естественно-научных дисциплин, обеспечивающих решение задач управления в организационно-технических системах; сущность системного подхода и его роль в управлении специальными организационно-техническими системами; сущность системного анализа, основные понятия теории управления, особенности анализа и синтеза систем управления различного типа.	<b>Знает</b>
	Принципы решения задач управления (анализа) в организационно-технических системах.
	<b>Умеет</b>
ОПК-1.2 Применяет методы математических и естественно-научных дисциплин, методы анализа и синтеза для осуществления постановки задач управления и выбора возможных вариантов их решения в операциях различного типа.	Выделять базовые составляющие, осуществляет декомпозицию задачи.
	<b>Знает</b>
	Как оценивать эффективность процедур анализа проблем и принятия решений в профессиональной деятельности с использованием приобретенных новых знаний в области физической химии.
	<b>Умеет</b>
	Использовать методы системного анализа и обобщения применительно к проблемам, процессам и явлениям в области физической химии.

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

Дисциплина относится к обязательной части основной профессиональной образовательной программы специалитета по специальности 27.05.01 Специальные организационно-технические системы, специализация «Информационно-аналитическая деятельность в специальных организационно-технических системах».

## 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

#### 4.1 Распределение трудоемкости учебной дисциплины по видам работ по семестрам для очной формы обучения

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	з.е.	час.	по семестрам	
			2	3
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	6	216	108	108
<b>Контактная работа</b>		<b>92</b>	<b>54</b>	<b>38</b>
Лекции		22	14	8
Практические занятия		36	24	12
Лабораторные работы		32	16	16
Консультации перед экзаменом		2		2
<b>Самостоятельная работа</b>		<b>36</b>	<b>54</b>	<b>34</b>
<b>Курсовая работа</b>				
Зачет		+	+	
Зачет с оценкой				
<b>Экзамен</b>		<b>36</b>		<b>36</b>

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

№ п/п	Наименование тем	Всего часов	Количество часов по видам занятий				Контроль	Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Консультации		
2 семестр								
1.	Физико-химическая природа процессов горения	19	2	4	4			9
2.	Материальный баланс процессов горения	19	2	4	4			9
3.	Тепловой баланс процессов горения	17	2	6				9
4.	Самовоспламенение	19	4	2	4			9
5.	Самовозгорание	19	2	4	4			9
6.	Вынужденное воспламенение (зажигание)	15	2	4				9
<b>Зачет</b>		+					+	
<b>Итого за 2 семестр</b>		<b>108</b>	<b>14</b>	<b>24</b>	<b>16</b>		<b>+</b>	<b>54</b>
3 семестр								
7.	Горение газо-паровоздушных смесей	14	2		4			8

8.	Горение жидкостей	14	2		4			8
9.	Горение твердых веществ и материалов	14	2		4			8
10	Динамика внутренних и внешних пожаров и их моделирование	10	2		4			4
11	Моделирование распространения опасных факторов пожара	18		12				6
<b>Консультация</b>		<b>2</b>				<b>2</b>		
<b>Экзамен</b>		<b>36</b>					<b>36</b>	
<b>Итого за 3 семестр</b>		<b>108</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>36</b>	<b>34</b>
<b>Итого по дисциплине</b>		<b>216</b>	<b>22</b>	<b>36</b>	<b>32</b>	<b>2</b>	<b>36</b>	<b>88</b>

### 4.3 Содержание дисциплины для обучающихся очной формы обучения во 2, 3 семестре:

#### **ТЕМА 1. Физико-химическая природа процессов горения**

**Лекция.** Горение - основной процесс на пожаре. 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.

Классификация процессов горения газов, жидкостей и твердых веществ: гомогенное и гетерогенное, кинетическое и диффузионное, ламинарное и турбулентное, дефлаграционное и детонационное, особенности каждого вида горения. Пламя, его свойства и характеристики. Структура пламени, зоны горения, понятие фронта пламени. Распределение горючего, окислителя и продуктов горения в зонах горения. Зависимость структуры пламени от газодинамического режима горения.

**Практическое занятие.** Режимы горения. Излучение и цвет пламени и зависимость их от агрегатного состояния продуктов горения и состава горючего вещества. Температура пламени, распределение температуры по зонам горения.

Расчет объема воздуха на горении индивидуальных веществ, веществ с известным элементным составом и смесей горючих веществ. Понятие избытка воздуха.

**Лабораторная работа.** Исследование режимов 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.

Физико-химические процессы, протекающие в зоне горения и во фронте пламени. Отличия в пламени при кинетическом и диффузионном горении.

**Рекомендуемая литература:**

Основная литература: [1, 2];

Дополнительная литература: [1, 2].

**ТЕМА 2. Материальный баланс процессов горения**

**Лекция.** 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.

**Практические занятия.** Горение веществ в атмосфере воздуха. Определение практического объема воздуха на горение. Определение объема и состава продуктов горения. Определение объема и состава продуктов горения смеси газов. Дым и его характеристики.

**Лабораторная работа.** Материальный баланс процессов горения.

**Самостоятельная работа.** 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 3. Тепловой баланс процессов горения**

**Лекция.** 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). Массоперенос и теплопередача в процессах горения. Подобие процессов массопереноса и теплопередачи. Теплопроводность и диффузия в неподвижной среде. Теория подобия. Критерии подобия Рейнольдса, Нуссельта, Шервуда, Прандтля и Грасгофа. Применение критериев подобия к процессам, происходящим на пожаре. Уравнение баланса массы. Уравнение баланса вещества и тепловой энергии.

**Практические занятия.** Тепловой баланс процессов горения. Определение теплоты горения. Температура горения и методы ее определения.

**Самостоятельная работа.** Тепловой баланс процессов горения без учета и с учетом потерь тепла при определении различных температур горения. Законы Фурье и Фика. Уравнения конвективного переноса тепла и вещества. Свободная и вынужденная конвекция. Ламинарное и турбулентное движение жидкости (газа). Понятие диффузионного слоя. Коэффициенты тепло- и массопереноса.

Уравнение баланса количества движения. Уравнение Навье-Стокса. Его приложение для расчета распределения скоростей течения жидкости (газа) между двумя параллельными пластинами.

**Рекомендуемая литература:**

Основная литература: [1, 2];

Дополнительная литература: [1, 2].

**ТЕМА 4. Самовоспламенение.**

**Лекции.** Самовоспламенение. 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. Характеристика пожарной опасности органического топлива и продуктов его переработки.

**Лабораторная работа.** Определение температуры самовоспламенения горючих жидкостей.

**Самостоятельная работа.** Температура самовоспламенения как показатель пожарной опасности, практическое значение и методы ее определения. Радикально-цепной механизм процессов окисления и его основные закономерности. Элементы тепловой теории самовоспламенения горючих смесей. Методы определения температуры самовоспламенения и влияние на ее величину различных факторов.

**Рекомендуемая литература:**

Основная литература: [1, 2];

Дополнительная литература: [1, 2].

**ТЕМА 5. Самовозгорание**

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

**Практические занятия.** Самовозгорание. Определение йодного числа жиров и масел. Самовозгорание химических веществ при взаимодействии с кислородом воздуха, водой и при контакте друг с другом.

**Лабораторная работа.** Самовозгорание жиров и масел.

**Самостоятельная работа.** Отличие процессов самовозгорания от процессов самовоспламенения и зажигания. Определение самовозгорания и самонагрева. Механизм процессов теплового самовозгорания веществ.

**Рекомендуемая литература:**

Основная литература: [1, 2];

Дополнительная литература: [1, 2].

## **ТЕМА 6. Вынужденное воспламенение (зажигание)**

**Лекция.** Вынужденное воспламенение. 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.

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.

**Практическое занятие.** Вынужденное воспламенение веществ и материалов. Минимальная энергия зажигания. Зависимость минимальной энергии зажигания от различных факторов.

**Самостоятельная работа.** Отличие механизма зажигания от самовоспламенения и самовозгорания. Сущность тепловой теории зажигания. Основные виды источников зажигания. Особенности зажигания паровоздушных смесей нагретой поверхностью. Особенности зажигания электрической искрой. Тепловая модель зажигания электрической искрой по Я.Б. Зельдовичу. Практическое применение минимальной энергии зажигания

**Рекомендуемая литература:**

Основная литература: [1, 2];

Дополнительная литература: [1, 2].

## **ТЕМА 7. Горение газо-паровоздушных смесей**

**Лекция.** Физико-химические процессы, протекающих при горении смесей паров и газов. Необходимые и достаточные условия для горения газов. Основные особенности горения паров и газов. Показатели пожарной опасности газо-паровоздушных смесей, область применения и методы их определения. Классификация газов по пожарной опасности. Механизм горения газовых фонтанов. Концентрационные пределы распространения пламени. Горение газов

**Лабораторная работа.** Изучение горения газопылевоздушных смесей. Изучение предельных режимов горения. Способы определения и расчета КПП

**Самостоятельная работа.**



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

**Рекомендуемая литература:**

Основная литература: [1, 2];

Дополнительная литература: [1, 2]

**ТЕМА 8. 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. Показатели пожарной опасности жидкостей область применения и методы их определения. Основной показатель пожарной опасности жидкостей, методы определения и практическое значение. Классификация жидкостей по пожарной опасности.

**Лабораторная работа.**

Изучение предельных режимов горения. Определение температуры вспышки в открытом и закрытом тиглях.

**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 литература: [1, 2];

Дополнительная литература: [1, 2]

**ТЕМА 9. 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.

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

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.

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 термореактивных полимерных материалов. Влияние состава полимерных материалов на динамику развития их горения и поражающие факторы.

**Лабораторная работа.**

Изучение горения твердых горючих материалов.

**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 литература: [1, 2];

Дополнительная литература: [1, 2]

**ТЕМА 10. Динамика внутренних и внешних пожаров и их моделирование**

**Лекция.** Общие закономерности развития внутренних пожаров. Стадии и фазы развития внутреннего пожара. Основные явления и процессы при внутренних пожарах. Динамика развития внутреннего пожара. Тепловой баланс внутреннего пожара.

**Лабораторная работа.**

Динамика внутренних пожаров.

**Самостоятельная работа.**

Изучение влияния пожарной нагрузки и вентиляции. Особенности пожаров в помещениях с закрытыми проемами.

**Рекомендуемая литература:**

Основная литература: [1, 2];

Дополнительная литература: [1, 2].

**ТЕМА 11. Моделирование распространения опасных факторов пожара**

**Практическое занятие.** Зоны пожара. Характеристика и определение зон горения, теплового воздействия и задымления, границы перехода одной зоны в другую. Опасные факторы пожара. Первичные и вторичные факторы, их характеристика и опасность воздействия. Методики определения опасных

факторов пожара для помещений. Методики определения опасных факторов пожара при пожарах и взрывах на открытом пространстве (ч. I и ч. II).

#### **Самостоятельная работа**

Изучение приложение к приказу МЧС России №533;

Изучение приложение к приказу МЧС России №1140

#### **Рекомендуемая литература:**

Основная литература: [1, 2];

Дополнительная литература: [1, 2].

### **5. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины**

При реализации программы дисциплины используются лекционные и практические занятия, лабораторные работы.

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 практического занятия обеспечивается процесс активного взаимодействия обучающихся с преподавателем; приобретаются практические навыки и умения. Цель практического занятия: углубить и закрепить знания, полученные на лекции, формирование навыков 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 задач, тестирования и проведения лабораторных работ.

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

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

### **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 простых и сложных веществ
3. Перечислите первичные и вторичные опасные факторы пожара.
4. Что называется горючей средой. В чем особенность образования горючей среды для жидкостей и твердых горючих материалов?
5. Приведите примеры источников тепловыделения различной природы.
6. Какие факторы влияют на скорость реакции горения?
7. Что является основной причиной увеличения скорости реакции при повышении температуры?
8. Что называется взрывом?
9. Приведите примеры физических и химических взрывов.
10. В чем различие механизмов дефлаграционного и детонационного горения?
11. Что называется максимальным давлением взрыва?
12. Что называется избыточным давлением взрыва?
13. Что такое тротиловый эквивалент взрыва?
14. Приведите примеры конденсированных взрывчатых веществ?
15. Отличия испарения горючих жидкостей в открытом сосуде и парообразования в закрытом сосуде.
16. Какие пары называются насыщенными?
17. Приведите уравнение Антуана для расчета давления насыщенных паров.
18. От чего зависит давление насыщенных паров?
19. Что такое нижний и верхний концентрационные пределы распространения пламени, для каких веществ определяются, их практическое применение?
20. Дайте определение температурным пределам распространения пламени.
21. Взаимосвязь температурных пределов распространения пламени с концентрационными пределами распространения пламени. Приведите уравнение, раскрывающее их взаимосвязь.

22. Состав газообразных продуктов термического разложения твердых горючих материалов.
23. Что называется сублимацией (возгонкой). Приведите примеры сублимирующихся материалов.
24. Особенности образования горючей паро-воздушной смеси над поверхностью сублимирующихся, плавящихся и термически разлагающихся твердых горючих материалов.
25. Основные характеристики возникновения, распространения пламени и горения твердых органических веществ.
26. Тление, его особенности. Температура тления, практическое применение.
27. Какими показателями характеризуется пожарная опасность горючих пылей, дайте их определение и укажите область практического применения.
28. Основные особенности горения и тушения металлов.
29. Что такое критический гасящий диаметр, для каких веществ определяется, его практическое применение?
30. Приведете классификацию огнетушащих веществ по способу прекращения горения.
31. Дайте определение огнетушащей эффективности огнетушащих веществ.
32. Дайте определение интенсивности подачи огнетушащего вещества.
33. Дайте определение удельному расходу огнетушащего вещества.
34. Вода как огнетушащее вещество. Область применения, достоинства, недостатки.
35. С какими веществами при их тушении вода реагирует с выделением большого количества тепла и горючих газов?
36. Механизм взаимодействия воды с горячей поверхностью.
37. Смачиваемость твердой поверхности. Определение смачивания. Краевой угол смачивания.
38. Способы повышения эффективности тушения водой.
39. Пены в качестве огнетушащих веществ. Физико-химические основы получения. Область применения, достоинства, недостатки.
40. Классификация пен по способу получения, кратности. Достоинства и недостатки пен различной кратности.
41. Устойчивость пен и их разрушение. Процессы синерезиса и коалесценции. Коэффициент разрушения пены.
42. Негорючие газы в качестве огнетушащих веществ. Область применения, достоинства, недостатки.
43. Галогенуглеводороды как огнетушащие вещества. Область применения, достоинства, недостатки.

**Типовые темы для лабораторных работ:**

1. Исследование режимов горения.
2. Материальный баланс процессов горения.
3. Определение температуры самовоспламенения горючих жидкостей.

4. Самовозгорание жиров и масел.
5. Вынужденное воспламенение веществ и материалов.
6. Изучение горения газопылевоздушных смесей. Изучение предельных режимов горения.
7. Изучение предельных режимов горения. Определение температуры вспышки в открытом и закрытом тиглях.
8. Изучение горения твердых горючих материалов.
9. Динамика внутренних пожаров.
10. Исследование свойств огнетушащих пен.

#### Типовые задачи:

1. Рассчитать объем воздуха, необходимый для полного сгорания 20 кг толуола  $C_6H_5CH_3$ . Температура  $50^{\circ}C$ , давление 780 мм рт.ст, коэффициент избытка воздуха 1,6.
2. Какой объем воздуха необходим для полного сгорания  $40\text{ м}^3$  пропена  $C_3H_6$  при стандартных условиях, если коэффициент избытка воздуха равен 2?
3. Какой объем воздуха необходим для полного сгорания 15 кг бутиламина  $C_4H_9NH_2$ ? Температура –  $5^{\circ}C$ , давление 1,1 ат, коэффициент избытка воздуха 1,4.
4. Сгорает  $100\text{ м}^3$  водяного газа, состоящего из 40,0 % оксида углерода, 50,0 % водорода, 4,5 % диоксида углерода, 5,0 % азота и 0,5 % метана. Определить объем воздуха, который необходим для полного сгорания данного количества газовой смеси. Условия нормальные,  $a = 1,4$ .
5. Определить объем воздуха, необходимый для полного сгорания  $50\text{ м}^3$  доменного газа, состоящего из 9,0 % диоксида углерода, 31,0 % оксида углерода, 0,3 % метана, 2,0 % водорода и 57,7 % азота. Условия нормальные,  $a = 1,7$ .
6. Рассчитать объем воздуха, необходимый для полного сгорания  $25\text{ м}^3$  светильного газа, состоящего из 3 % диоксида углерода, 8 % оксида углерода, 35 % метана, 48 % водорода, 3 % азота и 3 % этана. Условия нормальные,  $a = 1,5$ .
7. Какой объем азота содержится в продуктах полного сгорания в воздухе  $10\text{ м}^3$  газовой смеси состава: 25 % ацетилена  $C_2H_2$  и 75 %  $N_2$ . Условия нормальные,  $a = 1$ .
8. Сгорает 14 кг резины, состоящей из 78 % углерода, 9 % водорода, 9 % серы, 1% азота и 3 % кислорода при  $t = 16^{\circ}C$  и  $p = 780$  мм рт. ст.,  $a = 1,9$ . Определить объем и процентный состав выделившихся продуктов горения.
9. Определить объем и процентный состав продуктов горения, образовавшихся при полном сгорании 3 кг нитроклетчатки, состоящей из 28,6 % углерода, 57,1 % кислорода, 3,2 % водорода и 11,1 % азота, при  $t = 20^{\circ}C$  и  $p = 110$  КПа,  $a = 2,0$ .
10. Рассчитать температуру горения бензола, если потери тепла излучением составляют 20 %, а коэффициент избытка воздуха 1,8.
11. Рассчитайте температуру вспышки для 1,10 дихлордекан  $C_{10}H_{20}Cl_2$
12. Рассчитайте температуру вспышки для 1,6 Дихлоргексан  $C_6H_{12}Cl_2$ .
13. Рассчитайте температуру вспышки для 2,3 Гександиол  $C_6H_{14}O_2$ .

14. Рассчитайте температуру вспышки для 1,3 Гександиол  $C_6H_{14}O_2$ .
15. Определите температуру воспламенения бензола  $C_6H_6$ .
16. Определите температуру воспламенения диэтилового эфира  $C_2H_5OC_2H_5$ .
17. Определить избыточное давление взрыва при разрушении аппарата с пентилциклогексаном  $C_{11}H_{22}$  объемом 16 л, размеры помещения  $20 \times 30 \times 5$ . Температура  $30^\circ C$ , давление 150 кПа.
18. Определить избыточное давление взрыва при разрушении аппарата с амиленом  $C_5H_{10}$ , объемом 160 л, размеры помещения  $10 \times 30 \times 4$ . Температура  $12^\circ C$ , давление 120 кПа
19. Вычислить низшую теплоту сгорания бутилнитрита  $C_4H_9NO_2$  по формуле Д.И. Менделеева.
20. Вычислить низшую теплоту сгорания бутилнитрата  $C_4H_9NO_3$  по формуле Д.И. Менделеева.
21. Рассчитать КПР газа пропана  $C_3H_8$ .
22. Рассчитать КПР трет-бутилмочевины  $C_5H_{12}N_2O$ .
23. Рассчитать КПР 4-трет-Бутил-2 метафенола  $C_{11}H_{16}O$ .
24. Рассчитать КПР бензилтиола  $C_7H_8S$ .
25. Рассчитать КПР бензилтиоцианат  $C_8H_7SN$ .
26. Рассчитать стехиометрическую концентрацию пропана  $C_3H_8$  в % объемных и  $г/м^3$  при температуре  $25^\circ C$  и давлении 95 кПа.
27. Рассчитать стехиометрическую концентрацию бензилтиоцианат  $C_8H_7SN$  в % объемных и  $г/м^3$  при температуре  $27^\circ C$  и давлении 110 кПа.
28. Рассчитать стехиометрическую концентрацию бензилтиола  $C_7H_8S$  в % объемных и  $г/м^3$  при температуре  $28^\circ C$  и давлении 115 кПа.

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

На что расходуется выделяющая теплота реакций окисления?

1. На нагрев стенки сосуда и рассеивание в окружающую среду.
2. На нагрев смеси.
3. На нагрев смеси и рассеивание в окружающую среду.
4. На рассеивание в окружающую среду.

В сосуде какой формы температура самовоспламенения горючей смеси одинакового состава и объема будет максимальной?

1. Куб.
2. Пластина.
3. Цилиндр.
4. Шар.

Как изменяется температура самовоспламенения в гомологическом ряду углеводородов при увеличении их молекулярной массы?

1. Возрастает.
2. Уменьшается.
3. Зависит от формы сосуда.
4. Не меняется.

По какому механизму протекают процессы самовоспламенения?

1. Тепловой.
2. Каталитический.
3. Цепной.
4. Цепной и тепловой.

Для каких веществ температура самовоспламенения является показателем пожарной опасности?

1. Газы.
2. Жидкости.
3. Твердые вещества.
4. Все агрегатные состояния.

### **6.1.2. Промежуточной аттестации**

#### **Примерный перечень вопросов, выносимых на зачет (2 семестр):**

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.

### **Примерный перечень вопросов, выносимых на экзамен (3 семестр)**

1. Распределение температуры в горящих жидкостях.

2. Геометрические размеры пламени, факторы, влияющие на них.

3. Какова температура поверхности жидкости при установившемся ее горении?

4. Методы определения концентрации ненасыщенного пара в производственных помещениях и оценка их опасности.

5. Как изменяется температура вспышки горючих растворов при изменении концентрации горючего компонента?

6. Методы определения концентрации насыщенного пара в аппаратах и резервуарах, и оценка их опасности.

7. Линейная скорость выгорания и скорость распространения пламени по ГЖ – это одно и то же понятие или нет?

8. Связь между температурными концентрационными пределами РП?

9. По какому параметру классифицируются жидкости на ЛВЖ и ГЖ?

10. Расположите в порядке возрастания температурные параметры пожарной опасности;  $t_{\text{горения}}$ ,  $t_{\text{вспышки}}$ ,  $t_{\text{кипения}}$ , ВТПР,  $t_{\text{самовоспламенения}}$ , НТПР,  $t_{\text{воспламенения}}$ .

11. Температурные пределы РП, их практическое значение.

12. Причины образования гомотермального слоя в горящих жидкостях.

13. Что является движущей силой процесса РП по ГЖ?

14. Вскипание, причины, условия, меры профилактики.

15. Как изменяется  $t_{\text{вспышки}}$  жидкостей в гомологическом ряду предельных углеводородов?

16. Выброс нефтепродуктов из резервуаров, причины, условия, меры профилактики.

17. Причины РП по поверхности жидкостей, от каких факторов зависит скорость РП.

18. Основные особенности горения металлов.

19. Основные характеристики возникновения, распространение пламени и горения твердых органических веществ.

20. Индекс распространения пламени по поверхности ТГМ.

21. Основные макростадии процессов термического разложения древесины.
22. Показатели токсичности продуктов горения ТГМ, практическое применение.
23. Тление, его особенности. Температура тления, практическое применение.
24. Приведенная массовая скорость выгорания, практическое применение.
25. Особенности горения пылевидных веществ.
26. Алгоритм процессов горения ТГМ.
27. Схема распространения пламени по поверхности ТГМ.
28. Показатель горючести ТГМ, практическое применение.
29. Состав продуктов термического разложения ТГМ.
30. Какими показателями характеризуется пожарная опасность горючих пылей, дайте их определение и укажите область практического применения.
31. Причины химического недожога при горении ТГМ.
32. НКПР пылей, область применения, зависимость от различных условий.
33. Основные закономерности термической деструкции органических веществ.
34. Как подразделяются горючие вещества по агрегатному состоянию при определении показателей пожарной опасности?
35. Что называется температурой вспышки, для каких веществ она определяется, ее практическое применение, безопасные температуры нагрева ГЖ по температуре вспышки?
36. Что такое температура самовоспламенения, для каких веществ она определяется, ее практическое применение, безопасные температуры нагрева неизолированных поверхностей по температуре самовоспламенения?
37. Что такое область воспламенения, ее практическое применение, для каких веществ определяется, взрывобезопасные концентрации газов и паров ГЖ с смесями с воздухом?
38. Что такое температурные пределы распространения пламени, для каких веществ определяются, безопасные температуры нагрева ГЖ?
39. Что такое температура тления, для каких веществ определяется, ее практическое применение, безопасные температуры нагрева веществ по температуре тления?
40. Что такое условия теплового самовозгорания, для каких веществ определяется, ее практическое применение, безопасные температуры нагрева веществ и материалов по температуре самовозгорания?
41. Что такое минимальная энергия зажигания, для каких веществ определяется, ее практическое применение, безопасные источники зажигания по значению их энергии?
42. Что такое критический гасящий диаметр, для каких веществ определяется, его практическое применение?

43. Что такое группа горючести, для каких веществ определяется, ее практическое применение?
44. Что такое температура воспламенения, для каких веществ определяется, ее практическое применение?
45. Что такое нижний и верхний концентрационные пределы распространения пламени, для каких веществ определяются, их практическое применение?
46. 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?
47. Что такое нормальная скорость распространения пламени, для каких веществ определяется, ее практическое применение?
48. Что такое скорость выгорания, для каких веществ определяется, ее практическое применение?
49. Основные способы тушения пожаров.
50. Классификация огнетушащих веществ и способы тушения пожаров.
51. Огнетушащая эффективность огнетушащих веществ и методы их оценки.
52. Практическое применение теории гашения. Огнепреградитель, физико-химические основы его действия.
53. Вода как огнетушащее вещество. Область применения, достоинства, недостатки.
54. Пены в качестве огнетушащего вещества. Физико-химические основы получения. Область применения, достоинства, недостатки.
55. Негорючие газы в качестве огнетушащих веществ. Область применения, достоинства, недостатки.
56. Галогенуглеводороды как огнетушащие вещества. Область применения, достоинства, недостатки.
57. Огнетушащие порошковые составы, механизм действия, эксплуатационные свойства и методы их контроля. Область применения, достоинства, недостатки.
58. Пути повышения эффективности основных огнетушащих веществ.
59. Основные типы комбинированных огнетушащих составов.
60. На какие группы подразделяются огнетушащие вещества по своим функциональным свойствам?
61. Назовите основные требования, предъявляемые к огнетушащим веществам?
62. Каковы преимущества и недостатки воды как огнетушащего средства? Сочетание каких физико-химических свойств воды обеспечивает прекращение горения на пожаре?
63. В каких случаях используется подача воды сплошными струями в зону горения, а в каких – путем ее распыления?
64. Как влияет на расход воды и время тушения пожара введение ПАВ?
65. В каких случаях нельзя применять воду и водопенные средства?

66. Назовите основные огнегасящие свойства противопожарных пен.
67. От чего зависит устойчивость пены, нанесенной на горящую поверхность?
68. Что понимают под критической интенсивностью подачи пены в очаг пожара?
69. На чем основано огнегасящее действие инертных газообразных разбавителей?
70. Для пожаров, каких классов не рекомендуется применять в качестве разбавителя реакционной смеси диоксид углерода?
71. В какой последовательности располагаются галогены, входящие в состав хладонов, по своей огнегасящей эффективности?
72. Каково воздействие хладонов на химическую реакцию горения при их введении в очаг пожара?
73. Что такое озоноразрушающий потенциал хладона?
74. Какие минеральные соли составляют основу порошковых огнетушащих составов?
75. Что понимают под гетерогенным ингибированием реакции горения порошками? Какова его эффективность?
76. Как снизить слеживаемость порошков и склонность их к комкованию?
77. Каковы главные недостатки и опасность применения аэрозольного пожаротушения?
78. В чем суть синергетического эффекта огнетушащего действия веществ комбинированного действия? Приведите примеры таких композиций.
79. На какие основные периоды можно разделить внутренний пожар?
80. Что такое объемная вспышка?
81. Какова роль потолка в помещении при распространении внутреннего пожара?
82. Каким законом аппроксимируется скорость развития большинства пожаров во времени?
83. Какая минимальная плотность теплового потока на уровне пола приводит к полному охвату помещения пламенем?
84. Назовите факторы, ведущие к полному охвату пламенем помещения?
85. В каком случае раньше наступит объемная вспышка в помещении: в случае кирпичных стен или при их облицовке древесно-волоконистыми плитами? Почему?
86. Какой внутренний пожар считается более опасным: регулируемый пожарной нагрузкой или регулируемый вентиляцией?
87. В чем опасность высокой температуры в помещении и фактическом прекращении пламенного горения из-за недостатка содержания кислорода?
88. Каким образом можно регулировать положение плоскости равных давлений в помещении?
89. Какова динамика движения дыма в многоэтажном здании, если температура в помещении ниже, чем вне его за счет систем кондиционирования?

90. Какие факторы окружающей среды влияют на скорость распространения пламени по твердым и жидким горючим веществам?

91. В чем суть эффекта Марангони, и какую роль он играет при распространении пламени по поверхности жидкости?

92. Как зависит скорость распространения пламени по поверхности твердого горючего материала от его пространственной ориентации и почему?

93. Что понимают под термической толщиной твердого горючего материала? Какой образец считается термически тонким?

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

Система оценивания включает:

Форма контроля	Показатели оценивания	Критерии выставления оценок	Шкала оценивания
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 отсутствуют выводы.	зачтено
		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	отлично

		<p>раскрыты основные положения вопросов; могут быть допущены недочеты, исправленные самостоятельно в процессе ответа.</p>	
		<p>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.</p>	хорошо
		<p>дан недостаточно правильный и полный ответ; логика и последовательность изложения имеют нарушения; в ответе отсутствуют выводы.</p>	удовлетворительно
		<p>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.</p>	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:

Astra Linux Common Edition релиз Орел [ПО-25В-603] - Операционная система общего назначения "Astra Linux Common Edition" [Коммерческая (Full Package Product). Номер в Едином реестре российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных - 4433]; Лицензия на право пользования № 217800111-ore-2.12-client-6196.

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

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

### 7.3. Литература

#### Основная литература: литература

1. В. Р. Малинин и др. Теория горения и взрыва. Учебник для вузов МЧС России по специальности 280104.65 - Пожарная безопасность / Под ред. проф. В. С. Артамонова / СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2009 г. – 306 с. *Режим доступа:* <http://elib.igps.ru/?7&type=card&cid=ALSFR-171ddc57-2e70-4373-a34c-9592fca88130>

2. Кожевин Д.Ф., Коробейникова Е.Г. Физико-химические основы развития и тушения пожаров: учебное пособие по выполнению курсовой работы "Расчет опасных факторов пожара при горении горючих жидкостей на промышленных объектах": [гриф МЧС] СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2022. – 168 с.

Режим доступа: <http://elib.igps.ru/?0&type=card&cid=ALSFR-be7b1b97-dfd2-4b39-a180-76fcfb0581f1&remote=false>

#### **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 образовательной программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: автоматизированное рабочее место преподавателя, маркерная доска, мультимедийный проектор, 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.

Для проведения лабораторных работ используется лаборатория физико-химических-основ процессов горения и тушения.

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