

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

**УТВЕРЖДАЮ**

Заместитель начальника университета  
по учебной работе  
полковник внутренней службы

 А.А. Горбунов

«27» мая 2020 г.

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

**Направление подготовки  
20.03.01 Техносферная безопасность  
Профиль «Руководство проведением спасательных  
операций особого риска»**

**Уровень бакалавриата**

**Санкт-Петербург**

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

### ***Цели освоения дисциплины «Теоретические основы процессов горения и тушения»:***

- формирование у обучаемых необходимых научных представлений о горении и взрыве, глубокого понимания этих явлений;
- дать необходимый объем 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;

В процессе освоения дисциплины «Теоретические основы процессов горения и тушения» обучающийся формирует и демонстрирует нормативно заданные компетенции (таблица 1).

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

Таблица 1

<b>Компетенции</b>	<b>Содержание</b>
<b>ПК - 16</b>	Способность анализировать механизмы воздействия опасностей на человека, определять характер взаимодействия организма человека с опасностями среды обитания с учетом специфики механизма токсического действия вредных веществ, энергетического воздействия и комбинированного действия вредных факторов.

### ***Задачи дисциплины «Теоретические основы процессов горения и тушения»:***

- формирование у обучаемых научного мировоззрения, базирующегося на научных представлениях о горении, взрыве и способах прекращения горения;
- формирование умения 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>Планируемые результаты обучения по дисциплине «Теоретические основы процессов горения и тушения»</b>	<b>Планируемые результаты освоения образовательной программы</b>
В результате освоения дисциплины «Теоретические основы процессов горения и тушения» обучающийся должен <b>демонстрировать способность и готовность</b>	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен <b>владеть</b> компетенциями
<b>В экспертной, надзорной и инспекционно-аудиторской деятельности:</b>	
расчетными и экспериментальными методами определять основные показатели пожарной опасности веществ и материалов	ПК-16
анализировать состояние горючей системы с учетом внешних условий	ПК-16
рассчитывать объем и состав продуктов горения, теплоту сгорания и температуру горения, показатели пожарной опасности веществ и материалов	ПК-16
проводить анализ изменения параметров горения в зависимости от различных факторов	ПК-16
проводить лабораторные исследования, обработку их результатов, выявление на их основе зависимостей влияния различных факторов на возникновение и распространение горения	ПК-16

**3. Место дисциплины «Теоретические основы процессов горения и тушения» в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования (далее – ОПОП ВО)**

Дисциплина «Теоретические основы процессов горения и тушения» относится к вариативной части дисциплин ОПОП ВО по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность профиль «Руководство проведением спасательных операций особого риска», (уровень бакалавриата).

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц 180 часов.

##### 4.1.1. Объем дисциплины «Теоретические основы процессов горения и тушения» и виды учебной работы

для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры	
		3	4
Общая трудоемкость дисциплины в часах	<b>180</b>	72	108
Общая трудоемкость дисциплины в зачетных единицах	<b>5</b>	2	3
<b>Контактная работа (в виде аудиторной работы)</b>	<b>108</b>	<b>36</b>	<b>72</b>
В том числе:			
Лекции	<b>20</b>	10	10
Лабораторные занятия	<b>48</b>	18	30
Практические занятия	<b>22</b>	8	32
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>72</b>	<b>36</b>	<b>36</b>
<b>Форма контроля – курсовая работа (проект)</b>			+
<b>Форма контроля - зачёт с оценкой</b>		+	
<b>Форма контроля - зачет</b>			+

**4.2 Разделы дисциплины «Теоретические основы процессов горения и тушения»  
для очной формы обучения**

№ п/п	Наименование разделов и тем	Всего часов	Количество часов по видам занятий				Контроль	Самостоятельная работа	Примечание
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Консультация			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Физико-химическая природа процессов горения	21	4	2	6			9	
2.	Самовоспламенение	17	2		6			9	
3.	Самовозгорание	17	2		6			9	
4.	Вынужденное воспламенение (зажигание)	17	2	6				9	
	<b>Зачет с оценкой</b>						+		
<b>Итого за 3 семестр</b>		<b>72</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>18</b>			<b>36</b>	
5.	«Горение газопаровоздушных смесей»	24	2	8	6			8	
6.	«Горение жидкостей»	24	2	8	6			8	
7.	«Горение твердых веществ и материалов. Взрывы. Ударные волны и детонация»	26	4	8	6			8	
8.	«Огнетушащие вещества: состав, область применения, механизм огнетушащего действия»	30	2	8	12			8	
<b>Итого за 4 семестр</b>		<b>108</b>	<b>10</b>	<b>32</b>	<b>30</b>			<b>36</b>	
<b>Зачет</b>							+		
<b>Итого по дисциплине</b>		<b>180</b>	<b>20</b>	<b>40</b>	<b>48</b>			<b>72</b>	

## 4.3 Содержание дисциплины «Теоретические основы процессов горения и тушения»

### 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.

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

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).

**Лекция.**

Физико-химическая природа процессов горения.

**Лекция.**

Пламя, его свойства и характеристики.

**Практическое занятие.**

Материальный и тепловой баланс процессов горения.

**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.

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. «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.

**Лекция.**

Самовоспламенение.

**Лабораторная работа.**

Температура самовоспламенения горючих жидкостей.

**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 № 3 «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.

**Лекция.**

Самовозгорание.

### **Лабораторная работа.**

Самовозгорание жиров и масел. Определение йодного числа.  
Самовозгорание химических веществ.

### **Самостоятельная работа.**

Отличие процессов самовозгорания от процессов самовоспламенения и зажигания. Определение самовозгорания и самонагрева. 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 № 4 . «Вынужденное воспламенение (зажигание)»**

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.

### **Лекция.**

Вынужденное воспламенение (зажигание).

### **Практическое занятие.**

Условия 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 5. Горение газопаровоздушных смесей**

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.

**Лекция.**

Горение газопаровоздушных смесей.

**Практическое занятие.**

Способы определения и расчета КПП. Выдача заданий на курсовое проектирование (4 часа).

**Лабораторная работа.**

Изучение предельных режимов горения газовоздушных смесей.

**Самостоятельная работа.**

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

**Рекомендуемая литература:**

Основная [1-2];

Дополнительная [1-2];

## **ТЕМА 6. Горение жидкостей**

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.

**Лекция.**

Горение жидкостей.

**Практическое занятие.**

Оценка пожарной опасности веществ и материалов. Показатели пожарной опасности.

**Практическое занятие.**

Методы расчета температуры вспышки, воспламенения и температурных пределов распространения пламени.

**Практическое занятие.**

Оценка пожарной опасности жидкостей.

**Лабораторная работа.**

Определение температуры вспышки в открытом и закрытом тиглях и температуры воспламенения.

**Самостоятельная работа.**

Механизм возникновения пламени на поверхности жидкости от локального источника зажигания. Температура вспышки жидкости и ее связь с

концентрационными пределами распространения пламени. Температурные пределы распространения пламени. Температура воспламенения. Влияние физико-химических свойств и температуры жидкости на скорость распространения пламени по ее поверхности. Расчетные и экспериментальные методы определения температуры вспышки и воспламенения горючих жидкостей.

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 7. Горение твердых веществ и материалов. Взрывы. Ударные волны и детонация.**

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.

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

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

**Лекция.**

Горение твердых горючих материалов.

**Лекция.**

Основные параметры взрывов газо-, паро- и пылевоздушных смесей.

**Практическое занятие.**

Расчет показателей пожарной опасности твердых горючих материалов.

**Практическое занятие.**

Основные параметры взрывов газо-, паро-, пылевоздушных смесей.

**Практическое занятие.**

Анализ взрывопожароопасности индивидуальных веществ.

**Лабораторная работа.**

Горение 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 [1-2];

Дополнительная [1-2]

**ТЕМА 8. Огнетушащие вещества: состав, область применения, механизм огнетушащего действия**

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.

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.

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.

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.

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.

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

Галогеноуглеводороды (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.

#### **Лекция.**

Элементы тепловой теории прекращения горения на пожарах.

#### **Практическое занятие.**

Классификация реальных пожаров.

#### **Лабораторная работа.**

Огнетушащие вещества. Определение оптимальной и критической интенсивности подачи огнетушащих веществ.

#### **Лабораторная работа.**

Исследование свойств огнетушащих пен.

**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];

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

Учебным планом предусмотрены следующие виды занятий:

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

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

Лабораторные и практические занятия. Цели лабораторных и практических занятий:

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

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

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

## **6. Оценочные средства для проведения промежуточных аттестаций обучающихся по дисциплине «Теоретические основы процессов горения и тушения»**

Оценочные средства дисциплины «Теоретические основы процессов горения и тушения» включает в себя следующие разделы:

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

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

### Вопросы для подготовки к зачету

1. Распределение  $t^\circ$  в горящих жидкостях.
2. Какова  $t^\circ$  поверхности жидкости при установившемся ее горении?
3. Что такое температура кипения и что такое 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.

### **Вопросы для подготовки к зачету с оценкой**

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.
66. Какое значение для оценки пожаровзрывобезопасности имеют КПП?
67. Какие концентрации считаются пожаровзрывобезопасными?
68. Какие концентрации считаются пожаровзрывоопасными?
69. Какие концентрации считаются пожароопасными?
70. Какая концентрация газов или паров в воздухе считается наиболее пожаровзрывоопасной? Почему?
71. Влияние флегматизаторов и ингибиторов на КПП.
72. Влияние на КПП энергии источника зажигания, температуры и давления горючей смеси.

73. Влияние различных факторов на скорость распространения пламени в газопаровоздушных смесях.

**Примерная тематика курсовых проектов (работ).**

**Тема «Исследование пожарной опасности горючей жидкости»**

Вариант	Вещество	Константы уравнения Антуана	$t_{кипения}, ^\circ C$	$\Delta H$ образ. кДж/моль	$t_{всп.}, ^\circ C$	Остаточное содержание кислорода в ПГ, %	Скорость воздушного потока, м/с	Размеры помещения, м	Объем емкости аппарата, л	Степень заполнения аппарата	Максимальная температура в помещении при аварии, $^\circ C$	Давление в помещении, мм Hg
01	Амиловый спирт $C_5H_{11}OH$	$l_{gp} = 6,3073 - 1287,625 / (161,330 + t)$	138	- 36,39	+48	17	0,2	$10 \times 15 \times 5$	200	0,8	+61	770
02	Ацетон $C_3H_6O$	$l_{gp} = 6,37551 - 1281,721 / (237,088 + t)$	56,5	- 248,28	-18	15,2	0,1	$10 \times 5 \times 4$	220	0,85	+35	790
03	1,4 Диоксан $C_4H_8O_2$	$l_{gp} = 6,64091 - 1632,425 / (250,725 + t)$	101,3	- 250,3	+11	16,4	0,3	$20 \times 10 \times 5$	140	0,8	+25	780
04	Бензол $C_6H_6$	$l_{gp} = 5,61391 - 902,275 / (178,099 + t)$	80,1	+ 82,9	-11	16,8	0,25	$5 \times 13 \times 4$	160	0,65	+20	765
05	Гексан $C_6H_{14}$	$l_{gp} = 5,99517 - 1166,274 / (223,661 + t)$	68,74	- 167,2	-23	14,5	0,5	$11 \times 12 \times 3$	210	0,75	+32	775
06	Гептан $C_7H_{16}$	$l_{gp} = 6,07647 - 1295,405 / (219,819 + t)$	98,43	- 187,7	-44	14,0	0,3	$10 \times 10 \times 4$	180	0,8	+27	785

07	Ди-этиловый эфир $C_4H_{10}O$	$l_{gp} = 6,9979 - 1098,945 / (232,372 + t)$	34,5	- 252,2	-41	15,1	0,35	$24 \times 5 \times 3$	190	0,85	+23	767
08	м-Ксилол $C_8H_{10}$	$l_{gp} = 6,58807 - 1906,796 / (234,917 + t)$	139	- 28,4	+28	14,2	0,4	$6 \times 9 \times 4,5$	170	0,7	+40	771
09	п-Ксилол $C_8H_{10}$	$l_{gp} = 6,25485 - 1537,082 / (223,608 + t)$	138,3	- 24,4	+26	12,3	0,15	$7 \times 5 \times 4,5$	250	0,75	+39	786
10	о-Ксилол $C_8H_{10}$	$l_{gp} = 6,28893 - 1575,114 / (223,579 + t)$	144,4	- 24,4	+31	13,2	0,2	$5 \times 4 \times 4,5$	200	0,8	+48	775
11	Метанол $CH_3O$ H	$l_{gp} = 7,3527 - 1660,454 / (245,818 + t)$	64,9	- 203,1	+6	16,1	0,1	$14 \times 14 \times 3$	110	0,6	+32	750
12	Этилбензол $C_8H_{10}$	$l_{gp} = 6,35879 - 1590,660 / (229,581 + t)$	136,2	+ 29,9	+20	17,7	0,3	$20 \times 7 \times 2,5$	190	0,5	+36	760
13	Амилен $C_5H_{10}$	$l_{gp} = 5,91059 - 1014,294 / (229,783 + t)$	29,97	-272	-20	13,5	0,5	$16 \times 14 \times 2$	130	0,8	+27	774
14	Бутанол $C_4H_9$ OH	$l_{gp} = 8,72232 - 2664,684 / (279,638 + t)$	117	- 274,6	+35	14,5	0,35	$11 \times 12 \times 2$	260	0,7	+50	779
15	Октан $C_8H_{18}$	$l_{gp} = 6,09396 - 1379,556 / (211,896 + t)$	125,6 6	- 208	+14	16,8	0,4	$13 \times 19 \times 4$	100	0,6	+30	782

## 6.2 Методика оценивания персональных образовательных достижений обучающихся

### Промежуточная аттестация: зачёт

Достигнутые результаты освоения дисциплины	Критерии оценивания	Шкала оценив.
Обучающийся имеет существенные пробелы в знаниях основного учебного материала по дисциплине; не способен аргументированно и последовательно его излагать, допускает грубые ошибки в ответах, неправильно отвечает на задаваемые вопросы или затрудняется с ответом.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– не раскрыто основное содержание учебного материала;</li> <li>– обнаружено незнание или непонимание большей или наиболее важной части учебного материала;</li> <li>– допущены ошибки в определении понятий, при использовании терминологии, которые не исправлены после нескольких наводящих вопросов.</li> </ul>	«не зачтено»
Обучающийся освоил знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнил все задания, предусмотренные учебным планом; правильно, аргументированно ответил на все вопросы, с приведением примеров; при ответе продемонстрировал глубокие систематизированные знания, владеет приемами рассуждения и сопоставляет материал из разных источников: теорию связывает с практикой, другими темами данного курса, других изучаемых предметов.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- продемонстрировано умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер;</li> <li>– в изложении допущены небольшие пробелы, не искажившие содержание ответа;</li> <li>допущены один – два недочета при освещении основного содержания ответа, исправленные по замечанию преподавателя;</li> <li>допущены ошибка или более двух недочетов при освещении второстепенных вопросов, которые легко исправляются по замечанию преподавателя.</li> </ul>	«зачтено»

### Промежуточная аттестация: зачёт с оценкой

Достигнутые результаты освоения дисциплины	Критерии оценивания	Шкала оценив.
Обучающийся имеет существенные пробелы в знаниях основного учебного материала по дисциплине; не способен аргументированно и последовательно его излагать, допускает грубые ошибки в ответах, неправильно отвечает на	<ul style="list-style-type: none"> <li>– не раскрыто основное содержание учебного материала;</li> <li>– обнаружено незнание или непонимание большей или наиболее важной части учебного материала;</li> <li>– допущены ошибки в</li> </ul>	Оценка «2» неудовлетворительно

Достиженные результаты освоения дисциплины	Критерии оценивания	Шкала оценив.
задаваемые вопросы или затрудняется с ответом.	определении понятий, при использовании терминологии, которые не исправлены после нескольких наводящих вопросов.	
Обучающийся показывает знание основного материала в объеме, необходимом для предстоящей профессиональной деятельности; при ответе на вопросы билета и дополнительные вопросы не допускает грубых ошибок, но испытывает затруднения в последовательности их изложения; не в полной мере демонстрирует способность применять теоретические знания для анализа практических ситуаций.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– неполно или непоследовательно раскрыто содержание материала, но показано общее понимание вопроса и продемонстрированы умения, достаточные для дальнейшего усвоения материала;</li> <li>– усвоены основные категории по рассматриваемому и дополнительным вопросам;</li> <li>– имелись затруднения или допущены ошибки в определении понятий, формулировках законов, исправленные после нескольких наводящих вопросов.</li> </ul>	<p><i>Оценка «3»</i> Удовлетворительно</p>
Обучающийся показывает полное знание программного материала, основной и дополнительной литературы; дает полные ответы на теоретические вопросы билета и дополнительные вопросы, допуская некоторые неточности; правильно применяет теоретические положения к оценке практических ситуаций; демонстрирует хороший уровень освоения материала.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- продемонстрировано умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер;</li> <li>– в изложении допущены небольшие пробелы, не исказившие содержание ответа;</li> <li>допущены один – два недочета при освещении основного содержания ответа, исправленные по замечанию преподавателя;</li> <li>допущены ошибка или</li> </ul>	<p><i>Оценка «4»</i> Хорошо</p>

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



Промежуточная аттестация: курсовая работа (проект)

Достигнутые результаты освоения дисциплины	Критерии оценивания	Шкала оценив.
Обучающийся имеет существенные пробелы в знаниях основного учебного материала по дисциплине; допускает грубые ошибки в ответах, неправильно отвечает на задаваемые вопросы или затрудняется с ответом.	– не может защитить свои решения, допустил грубые фактические ошибки; непонимание большей или наиболее важной части учебного материала;	<i>Оценка «2»</i> неудовлетворительно
Обучающийся показывает знание основного материала в объеме, необходимом для предстоящей профессиональной деятельности; при ответе на вопросы по материалу курсового не допускает грубых ошибок, но испытывает затруднения в последовательности их изложения.	– студент усвоил только основные разделы теоретического материала и по указанию преподавателя применяет его практически; – неполно или непоследовательно раскрыто содержание материала, есть общее понимание вопроса; – имелись затруднения или допущены ошибки в определении понятий, исправленные после нескольких наводящих вопросов.	<i>Оценка «3»</i> Удовлетворительно
Обучающийся показывает знание программного материала, основной и дополнительной литературы; демонстрирует хороший уровень освоения материала.	– достаточно твердо усвоил теоретический материал, правильно отвечает на вопросы при защите, работал по графику в основном систематически, пользовался справочной литературой; допущены ошибка или более двух недочетов при ответах на вопросы, которые легко исправляются по замечанию преподавателя.	<i>Оценка «4»</i> Хорошо
Обучающийся показывает глубокие знания программного материала, знание основной и дополнительной литературы; уверенно ориентируется в проблемных ситуациях; проявляет творческие способности в использовании программного материала.	– свободно владеет теоретическим материалом, умеет правильно трактовать нормы законов, пользоваться основной, дополнительной и справочной литературой, грамотно и самостоятельно формулирует решения, проявляет инициативу и старательность, убедительно защищает свою точку зрения, работал систематически, аккуратно выполняя график работы.	<i>Оценка «5»</i> Отлично

## 7. Требования к условиям реализации. Ресурсное обеспечение дисциплины «Теоретические основы процессов горения и тушения»

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

#### **Основная:**

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. А.А. Мельник, В.П. Крейтор, Е.Г. Коробейникова, М.Е. Шкитронов. Расчетные методы оценки пожаровзрывоопасности горючих жидкостей/Под ред. проф. В.С. Артамонова / СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2010 г. – 137 с. **Режим доступа:** <http://elib.igps.ru/?&type=card&cid=ALSFR-ae2e63f4-a617-4846-ab39-d3ff96a23bef>

#### **Дополнительная:**

1. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения (Справ, изд. в 2 книгах) / Баратов А.Н., Корольченко А.Я., Кравчук Г.Н. и др. - М.: Пожнаука, 2000. - 757 с. **Режим доступа:** <http://elib.igps.ru/?&type=card&cid=ALSFR-1aa9e1b9-dc5d-4b3b-b2c4-461fd4a9f842>

2. А. А. Мельник. Физико-химические основы развития и тушения пожаров. Исследование пожаровзрывоопасности горючих жидкостей : учебное пособие по выполнению курсовой работы по специальности 280104.65 - Пожарная безопасность. МЧС России. - СПб. : Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2008. - 114 с. **Режим доступа:** <http://elib.igps.ru/?&type=card&cid=ALSFR-db33b9eb-a6d0-4b3d-a414-89609cdc2af5>

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

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

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

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

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

1. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/>, доступ только после самостоятельной регистрации
2. справочная правовая система «КонсультантПлюс: Студент» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://student.consultant.ru/>, свободный доступ
3. Информационно-правовой портал «Гарант» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.garant.ru/>, свободный доступ

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

Для материально-технического обеспечения дисциплины используются:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий и промежуточной аттестации оснащенные (компьютером, мультимедийный проектором, экраном, интерактивной доской).
- помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации
- для проведения лабораторных работ используется лаборатория Теории горения и взрыва

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность (уровень бакалавриата).

**Авторы:** доцент, кандидат химических наук Свидзинская Г.Б.