МЧС РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Уральский институт Государственной противопожарной службы
Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны,
чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»

кафедра химии и процессов горения

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕОРИЯ ГОРЕНИЯ И ВЗРЫВА»

Специальность 20.05.01 Пожарная безопасность

Екатеринбург
2021

Методические рекомендации по изучению дисциплины «Теория горения и взрыва» [Электронный ресурс] :. Специальность 20.05.01 Пожарная безопасность / сост. Е.В. Гайнуллина. – Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2021. – 25 с.

Составитель:
Гайнуллина Е.В., доцент кафедры химии и процессов горения Уральского института ГПС МЧС России, доцент, к.т.н.

Приведены рекомендации для организации изучения дисциплины «Теория горения и взрыва». Описывается порядок организации, планирования и контроля деятельности обучающихся. Представлена структура и содержание дисциплины, тематика практических занятий и лабораторных работ, темы рефератов, требования к результатам освоения материала, список литературы и рекомендации для подготовки к занятиям. Рекомендуется обучающимся по специальности 20.05.01 Пожарная безопасность при изучении дисциплины «Теория горения и взрыва».

© ФГБОУ ВО «Уральский институт ГПС МЧС России», 2021 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 4
1. Цели и задачи курса «теория горение и взрыва» 5
2. Структура и содержание дисциплины 9
3. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины 11
3.1. Рекомендации для преподавателя 11
3.2. Рекомендации для обучающихся 12
3.2.1. Принятые обозначение 17
3.2.2. Словарь основных терминов 17
3.2.3. Методические рекомендации по выполнению рефератов 22
4. Информационное обеспечение обучения 24

ВВЕДЕНИЕ

Данные методические рекомендации составлены в соответствии с рабочей программой дисциплины «Теория горения и взрыва» и предназначены для обучающихся по специальности 20.05.01 Пожарная безопасность.

Изучение дисциплины «Теория горения и взрыва» ставит своей целью формирование у обучающихся теоретического фундамента для глубокого осмысления всей системы показателей пожарной опасности веществ и материалов как совокупности предельных условий и параметров возникновения и прекращения горения. Для достижения данной цели предусматривается решение следующей основной задачи: формирование навыков применения знаний физической химии при решении профессиональных задач в области пожарной безопасности. В результате изучения курса теории горения и взрыва обучающиеся должны приобрести знания, которые помогут решать профессиональные вопросы, связанные с обеспечением пожарной безопасности, а также выявление возможных причин возникновения пожара.

При профессиональной подготовке специалистов в области пожарной безопасности большое внимание уделяется изучению специальных дисциплин, но все они основаны на глубоком знании закономерностей возникновения и развития процессов горения. Изучение дисциплины «Теория горения и взрыва» являются важным этапом учебного процесса, совершенствующим теоретическую и практическую подготовку будущего специалиста. Умело организованная учебная работа, в том числе и самостоятельная, способствует воспитанию привычки и устойчивых навыков повышения общекультурных и профессиональных компетенций, формированию потребности в самообразовании. Главное не просто изучить материал дисциплины, а научиться эффективно учиться. Это означает, что за период обучения необходимо выработать такую технику учебной познавательной деятельности, которая позволит полностью освоить материалы программы обучения, а в процессе активной профессиональной деятельности заниматься самосовершенствованием.

Данные методические рекомендации предназначены в помощь при организации, управлении и обеспечении эффективной работы обучающихся в процессе изучения дисциплины. Для этого в пособии представлены рекомендации по организации, планированию и контролю различных видов учебной деятельности: конспектированию лекций, работе на практических и лабораторных занятиях, изучению вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение, выполнению реферата, подготовке к зачету и т.д., которые позволят обучающимся качественно организовать свою работу, сообразуясь со своим внутренним ритмом, и тем самым добиться максимальных успехов.

1. Цели и задачи курса «Теория горение и взрыва»

Целью освоения дисциплины «Теория горения и взрыва» является формирование современных научных представлений о возникновении, распространении и прекращении горения, об образовании пожаровзрывоопасных сред, необходимых для эффективного решения задач по обеспечению пожарной безопасности технологических объектов, зданий и сооружений, проведению экспертизы пожаров.

Для достижения данной цели предусматривается решение следующих задач:

- сформировать основные представления о природе процесса горения и изучить физико-химические основы возникновения, развития и прекращения горения;
- освоить расчётные методики основных параметров горения, показателей пожарной опасности веществ и материалов;
- сформировать представления о механизме возникновения и распространения ударной волны и её основных параметрах;
- развить способности к познавательной деятельности и умению анализировать полученный результат;
- сформировать навыки применения знаний физической химии при решении профессиональных задач.

Изучение дисциплины направлено на формирование компетенций специалиста, которые могут быть сформированны при достижении результатов обучения, которые выражаются в определённых знаниях, умениях и навыках, представленных в таблице 1.

Таблица 1

Перечень результатов обучения
По дисциплине, соотнесенных с результатами освоения основной (профессиональной) образовательной программы

Результат освоения образовательной программы	Содержание компетенции	Результат обучения по дисциплине
1	*2*	*3*
РО-2.1: Способность использовать научные знания и методологию для решения профессиональных задач	**ОПК-3:** Способен решать прикладные задачи в области обеспечения пожарной безопасности, охраны окружающей среды и экологической безопасности, используя теорию и методы фундаментальных наук	*Знать:* терминологию, основные понятия; механизмы горения; показатели пожарной опасности веществ и материалов; порядок проведения эксперимента, способы экспериментального определения показателей пожарной опасности. *Уметь:* анализировать изучаемый материал и применять его при решении задач; пользоваться справочной литературой.

1	*2*	*3*
РО-2.1: Способность использовать научные знания и методологию для решения профессиональных задач	**ПК-3:** Способностью понимать основные закономерности процессов возникновения горения и взрыва, распространения и прекращения горения на пожарах, особенностей динамики пожаров, механизмов действия, номенклатуры и способов применения огнетушащих составов, экологических характеристик горючих материалов и огнетушащих составов на разных стадиях развития пожара.	*Владеть:* навыками проведения информационного поиска по заданной теме; проведения лабораторных работ; обработки экспериментальных данных *Знать:* терминологию, основные понятия; механизмы горения; особенности горения веществ в различном агрегатном состоянии; причины возникновения и механизмы распространения ударных волн; показатели пожарной опасности веществ и материалов; тепловую теорию потухания пламени; классификацию взрывов и взрывчатых веществ. *Уметь*: пользоваться справочной литературой, рассчитывать и оценивать энергетические эффекты процессов горения и взрыва, рассчитывать основные показатели пожарной опасности веществ и материалов, оценивать пожаровзрывоопасность веществ и материалов. *Владеть:* методами оценки пожарной опасности, способностью предсказывать поведение веществ и материалов в окислительных средах

Курс состоит из 3-х разделов, содержание которых охватывает теоретическое рассмотрение явлений, протекающих в системах, способных к различным режимам горения.

В результате изучения курса «Теория горения и взрыва» обучающиеся должны ***знать***:

- терминологию дисциплины;
- сущность процессов горения, необходимые и достаточные условия возникновения и распространения горения;
- классификацию процессов горения;
- особенности горения веществ в газообразном, жидком, твёрдом и пылеобразном состояниях;
- показатели пожарной опасности веществ и материалов;
- возникновение и распространение ударных волн;
- классификацию взрывов и взрывчатых веществ, методы оценки их фугасности и бризантности;

уметь:

- пользоваться справочной литературой;
- рассчитывать материальный и тепловой балансы процессов горения;
- рассчитывать основные показатели пожарной опасности веществ и материалов;

- оценивать пожаровзрывоопасность веществ и материалов;

иметь представление:

- об основах тепловой и цепной теорий возникновения и распространения горения,
- о механизмах физико-химических превращений, происходящих в пламени при горении веществ и материалов;
- об условия перехода дефлаграционного горения в детонацию;
- об основных представителях взрывчатых веществ;
- об основных подходах к снижению пожарной опасности горючих веществ и материалов;

владеть навыками:

- проведения экспериментальных исследований по определению основных показателей пожаровзрывоопасности горючих веществ;
- самостоятельного анализа и обобщения экспериментальных данных;
- самостоятельной работы с учебной и справочной литературой.

Знания, получаемые при изучении дисциплины «Теория горения и взрыва» необходимы для успешного освоения узкопрофессиональных дисциплин (табл. 2) и предназначены показать будущим специалистам МЧС, как следует применять теоретические знания специальной химии при решении профессиональных задач различной сложности, научить обучающихся вдумчиво относиться к полученным расчётным и опытным данным, правильно применять уже известные и новые формулы и уравнения.

Таблица 2

Взаимосвязь дисциплин при изучении курса «Теория горения и взрыва»

Пререквизиты	Химия, физика, безопасность жизнедеятельности, материаловедение и технология материалов
Кореквизиты	Надежность технических систем и техногенный риск
Постреквизиты	Физико-химические основы развития и тушения пожаров, прогнозирование опасных факторов пожара, техническое регулирование в области пожарной безопасности, здания, сооружения и их устойчивость при пожаре, пожарная безопасность в строительстве, пожарная безопасность технологических процессов, расследование пожаров, экспертиза пожаров, методы и инструменты оценки пожарного риска, надзорно-профилактическая деятельность МЧС России, оценка соответствия производственных объектов требованиям пожарной безопасности

Дисциплина относится к обязательной части ОПОП по специальности пожарная безопасность (уровень - специалитета).

Прежде чем приступить к изучению дисциплины в контексте компетентностного подхода, к усвоению знаний: «знать, уметь, владеть», необходимо ознакомится с общими методическими рекомендациями.

В соответствии с рабочими учебными планами на изучение дисциплины «Теория горения и взрыва» в рамках высшего образования отводится следующее количество часов:

Максимальная учебная нагрузка	144 ч.
Аудиторная учебная работа (обязательные учебные занятия)	80,35 ч.
в том числе:	
- лекционные занятия	34 ч.
- практические занятия	26 ч.
- лабораторные занятия	16 ч.
Внеаудиторная (самостоятельная) учебная работа обучающегося	24,65 ч.
Промежуточная аттестация (экзамен)	4 ч.

Обучение осуществляется в течение одного семестра.

В рамках изучения дисциплины обучаемые должны выполнить следующие письменные работы:

- 1 контрольная работа;
- 4 отчёта по лабораторным работам.

Кроме того оценивается текущая активность обучаемых во время практических и лабораторных занятий. По возможности текущему контролю знаний также предшествует предварительный входной тестовый контроль знаний на одном из первых практических занятий.

Таким образом, чтобы быть допущенным к экзамену, обучающийся должен успешно пройти все контрольные точки промежуточной аттестации. Экзаменационные билеты обычно содержат три вопроса: теоретический вопрос, комплексное задание по оценке пожарной опасности и задачу. Эти вопросы являются одновременно основными структурными элементами конспекта лекций и календарно–тематического плана практических занятий.

Основные теоретические положения по изучаемым темам доводятся до обучающихся на лекциях. Часть теоретических вопросов изучается самостоятельно. Теоретические знания закрепляются на практических занятиях путём решения задач по основным разделам курса и при выполнении лабораторных работ. При проведении занятий используются технические средства обучения, наглядные пособия, раздаточный и демонстрационный материал.

Для самостоятельной проработки учебного материала при подготовке к зачету, к практическим и лабораторным занятиям, коллоквиумам и т.д. обучающиеся могут воспользоваться многочисленными пособиями, имеющимися в библиотеке института, в том числе и в электронной. Данные пособия указаны в рабочей программе дисциплины и в методических указаниях к различным видам занятий.

Критериями оценки результатов внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся являются:

- уровень освоения учебного материала;
- умения использовать теоретические знания при выполнении различных практических заданий;
- сформированность общеучебных умений;
- обоснованность и четкость изложения ответа.

Для подготовки к сдаче экзамена рекомендуется в первую очередь воспользоваться конспектом лекций, а также литературой, перечень которой представлен в рабочей программе дисциплины и в данных методических указаниях.

2. Структура и содержание дисциплины

Структура дисциплины определяется содержанием рабочей программы дисциплины.

Курс «Теория горения и взрыва» включает в себя 3 раздела и 12 основных тем (табл. 3). В таблицах 3 и 4 представлен порядок изучения дисциплины и формы текущего и промежуточного контроля для очной и заочной формы обучения.

Таблица 3

Очная форма обучения

№ темы	Наименование разделов, тем и форм контроля
1	*2*
Раздел 1. Основные представления о горении	
1	Основы процессов горения
	Отчёт по лабораторной работе №1
	Коллоквиум по теме 1
2	Материальный баланс процессов горения
3	Тепловой баланс процессов горения
4	Самовоспламенение и вынужденное воспламенение горючих систем
5	Самовозгорание веществ и материалов
	Отчёт по лабораторной работе №2
	Коллоквиум по темам 4 и 5
	Письменная контрольная работа по разделу 1

1	*2*
Раздел 2. Распространение и прекращение горения	
6	Горение газов
7	Горение жидкостей
	Отчёт по лабораторной работе №3
	Коллоквиум по темам 6 и 7
8	Горение твердых горючих материалов и пылей
	Отчёт по лабораторной работе №4
	Коллоквиум по теме 8
9	Система показателей пожарной опасности веществ и материалов
10	Основные представления тепловой теории потухания пламени
Раздел 3. Взрыв и взрывчатые вещества	
11	Явление взрыва. Ударные волны и детонация.
12	Виды и характеристики взрывчатых веществ
	Контроль самостоятельной работы
	Экзамен

Таким образом, в процессе обучения необходимо выполнить и подготовить отчёты по четырём лабораторным работам, сдать четыре коллоквиума, контрольную работу и контроль самостоятельной работы на положительные оценки. После чего они допускаются к сдаче экзамена.

Наименование тем, по которым проводится контактная работа обучаемых заочной формы обучения и формы контроля представлены в табл. 4.

Таблица 4

Заочная форма обучения

Номер темы	Наименование разделов, тем и форм контроля
Раздел 1. Основные представления о горении	
1	Основы процессов горения
4	Самовоспламенение и вынужденное воспламенение горючих систем
Раздел 2. Распространение и прекращение горения	
7	Горение жидкостей
9	Система показателей пожарной опасности веществ и материалов
	Отчёт по лабораторной работе
12	Виды и характеристики взрывчатых веществ
	Домашняя контрольная работа
	Экзамен

Таким образом, для обучающихся по заочной форме для допуска к зачету необходимо выполнить домашнюю контрольную работу и подготовить отчёт по лабораторной работе.

В ходе работы на практических и лабораторных занятиях очень важно своевременно и систематически выполнять домашние задания и задания для самоконтроля знаний. Самоконтроль обучающихся обеспечивает функционирование внутренней обратной связи в процессе обучения, получение информации о полноте и качестве изучения программного материала, прочности сформированных умений и навыков, возникших трудностях и недостатках. Самопроверка имеет большое психологическое значение, стимулирует учение. С ее помощью обучающийся реально убеждается в том, как он овладел знаниями, проверяет правильность выполнения упражнений путем обратных действий, оценивает практическую значимость результатов выполненных задач, упражнений, опытов и т.д. Следует отметить, что кафедрой подготовлены методические пособия для подготовки к текущему и промежуточному контролю знаний, выходные данные которых представлены в разделе «Литература».

3. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

3.1. Рекомендации для преподавателя

Основными формами организации учебного процесса при изучении дисциплины «Теория горения и взрыва» являются: лекции, практические занятия и лабораторные работы. Лекционный материал должен быть актуальным, носить прикладной характер, излагаться в доступной, логичной форме. Практические занятия должны способствовать развитию самостоятельного мышления, умения обобщать теоретический материал. Лабораторный практикум должен способствовать формированию умений планирования и самостоятельного выполнения эксперимента, поиска методов исследования для достижения поставленной цели.

Лекционный материал изучается в специализированной аудитории, оснащенной современным компьютером; проектором с видеотерминала персонального компьютера на настенный экран. Лабораторные работы выполняются в специализированной лаборатории, оснащенной в соответствии с тематикой изучаемого материала.

При проведении лекционных, практических и лабораторных занятий необходимы:

- составление списка литературы, обязательной и дополнительной для изучения материала;
- разработка методики изложения курса: структуры и последовательности изложения материала, составление тестовых заданий, контрольных вопросов;

- разработка методики проведения и совершенствование тематики лабораторных работ; использование в лабораторном практикуме реальных данных и получение имеющих практический смысл результатов;
- разработка методики самостоятельной работы обучающихся;
- привитие обучаемым навыков практического применения методов расчётов и расчетного обоснования предлагаемых решений;
- постоянная корректировка структуры и содержания курса в соответствии с современными научно-практическими достижениями.

Наибольший активизирующий эффект на занятиях, направленный на развитие самостоятельности мышления, дают ситуации, в которых обучаемые должны:
- аргументированно отстаивать своё мнение;
- формулировать вопросы своим товарищам и преподавателям;
- оценивать ответы и письменные работы товарищей;
- помогать отстающим;
- находить несколько вариантов решения задач и выбирать из них оптимальный.

Наряду с традиционными формами обучения рекомендуется активно внедрять современные методы и средства обучения, основанные на использовании информационных систем и технологий. Опорной методологией в этом является компьютеризация и информатизация образовательного процесса.

3.2. Рекомендации для обучающихся

Для успешного освоения дисциплины в течение семестра необходимо систематически выполнять следующие виды работ:
- обязательная запись лекций преподавателя (лекция - основное методическое руководство при изучении дисциплины, наиболее оптимальным образом структурированное и скорректированное на современный материал; в лекции глубоко и подробно, аргументировано и методологически строго рассматриваются главные проблемы темы; в лекции даны необходимые подходы к изучаемым вопросам);
- подготовка и активная работа на практических и лабораторных занятиях;
- своевременное и качественное выполнение в часы самостоятельной подготовки таких видов работ как: самостоятельная и расчетная работы, лабораторная работа;
- проработка материалов лекций, практических и лабораторных работ, рекомендованной учебной литературы при подготовке к сдаче экзамена.

Методические указания по изучению разделов и тем

Раздел 1. Основные представления о горении.

Тема 1. Основы процессов горения.

При изучении данной темы следует уяснить цель, задачи и структуру курса дисциплины «Теория горения и взрыва», понять место и роль дисциплины в подготовке будущего специалиста среднего звена и её практическую значимость. Далее целесообразно кратко ознакомиться с историей и основными учениями о процессах горения и взрыва, особо отметив роль российских ученых в продвижении и развитии данной науки.

Наиболее подробно и качественно следует рассмотреть физико-химические основы процессов горения, понять и запомнить основные понятия, определения и классификации видов горения и пламен, свойства пламени, а также условия возникновения и прекращения горения.

Следует также подробно рассмотреть характеристики пламени (зон, цвета и беспламенного горения) и его видов (кинетическое, диффузное, стационарное, нестационарное, ламинарное и турбулентное). Важно усвоить механизм смесеобразования затопленных струй, понять структуру диффузионного факела пламени и скорость его распространения над различными поверхностями.

Тема 2. Материальный баланс процессов горения.

Основное внимание следует уделить методикам расчета материального баланса процессов горения и тепловых эффектов реакций горения. Как можно больше практиковаться в решении расчетных задач. Важно уяснить способы прекращения процесса горения, а также изучить понятие «продукты сгорания» и «избыточный воздух».

Тема 3. Тепловой баланс процессов горения.

Изучая процесс теплопередачи, необходимо уяснить ее основные виды: теплопроводность, конвекцию и тепловое излучение. Рассматривая температурный режим пожара, необходимо освоить такие понятия, как «среднеобъемная температура» и «температура пламени».

Тема 4. Самовоспламенение и вынужденное воспламенение горючих систем.

При изучении данной темы основное внимание целесообразно уделить рассмотрению основных положений тепловой теории горения. При изучении данной темы необходимо уделить особое внимание рассмотрению перекисной теории окисления, а также теплового и цепного самовоспламенения. Следует уяснить критерии воспламенения (самовозгорания) и особенности химических превращений в процессе горения.

Важное значение имеет рассмотрение методик оценки теплового самовоспламенения О.М. Тодеса и Д.А. Франк-Каменецкого. Изучая эти теории, необходимо уяснить условия самовоспламенения, время полного ГВС в сосуде, методику определения температуры стенки сосуда для самовоспламенения ГВС в сосуде, значения безразмерного критерия для сосудов.

При изучении данной темы необходимо рассмотреть понятие источника

зажигания, особенности возникновения пламенного горения, вынужденного зажигания и самовоспламенения смесей. Рассмотреть факторы возникновения горения (источника возгорания, самонагревания, самовозгорания, пламенного горения и тления).

Тема 5. Самовозгорание горючих веществ.

При изучении данной темы необходимо в первую очередь четко уяснить общие и отличительные черты процессов самовозгорания и самовоспламенения. Затем перейти к изучению видов самовозгорания и механизмов протекания процессов. Особое внимание следует уделить мерам предупреждения самовозгорания масел, жиров и олиф; торфа и растительных остатков; каменного угля. Изучение химического самовозгорания необходимо обязательно сопровождать написанием и запоминанием протекающих между веществами химических реакций, запоминанием образующихся горючих и токсичных продуктов.

Раздел 2. Распространение и прекращение горения.

Тема 6. Горение газов.

В первую очередь следует уяснить физические основы теории горения газов, разобраться со смыслом понятий «концентрационные пределы распространения пламени», «нормальная и видимая скорость распространения пламени». Важно получить представление о факторах, влияющих на величину КПРП, освоить порядок их расчета.

Особое внимание необходимо уделить изучению нижнего предела возгорания углеводородов, предельно безопасной концентрации воздуха газо- и паровоздушных смесях углеводородов, концентрационных пределов распространения пламени.

Важно освоить процесс сгорания газов в замкнутом объеме. Ознакомиться с понятием флегматизации газопаровоздушных смесей, понять назначение флегматизации и ингибирования горючих смесей.

Тема 7. Горение жидкостей.

Изучение данной темы целесообразно начать с рассмотрения факторов возникновения и условий развития процессов горения жидкостей. При освоении процессов горения жидкости (нефтепродуктов) следует уяснить различие между ее стационарным и нестационарным видами горения. Особое внимание следует обратить на изучение показателей пожарной опасности и взрывоопасности нефтепродуктов: температуры вспышки, пределов воспламенения, температуры самовоспламенения. При этом необходимо уяснить механизм протекания таких процессов, как испарение жидкости, распространение пламени по поверхности зеркала жидкости, механизм выгорания жидкости. Важно также изучить вопросы прогрева жидкости в глубину и механизм образования гомотермического слоя, причину вскипания и выброса жидких нефтепродуктов в процессе горения в резервуарах.

Тема 8. Горение твердых горючих материалов и пылей.

После рассмотрения горения жидкостей целесообразно перейти к изучению процессов горения твердых горючих материалов, в том числе горения не-

однородных горючих материалов, скорости выгорания твердых горючих материалов. Следует подробно рассмотреть условия возникновения их горения. Важно ознакомиться с понятием «тепловой импульс возгорания древесины», с особенностями горения металлов и полимерных материалов.

Изучение горения пылей целесообразно начать с усвоения понятий аэрозолей, аэрогелей и порошков. Особое внимание необходимо уделить рассмотрению причин воспламенения и самовоспламенения пыли и пылевоздушных смесей. При этом следует изучить способы приобретения частицами пыли статического электричества, температуры самовоспламенения пыли.

Важно изучить концентрационные пределы воспламенения пылевоздушных смесей и распространения пламени в таких смесях. Кроме того, необходимо усвоить учебный материал по предельно безопасному содержанию воздуха в пылевоздушных смесях. В завершение изучения темы целесообразно ознакомиться с перечнем горючих взрывоопасных пылей и волокон.

Тема 9. Система показателей пожарной опасности веществ и материалов

Начинать изучение данной темы следует начать со знакомства с основными нормативными документами, регламентирующими пожарную опасность веществ и материалов. Затем изучить приведенные в нормативной литературе показатели пожарной опасности веществ и материалов и их практическое значение, методы их расчета и экспериментального определения.

Основное внимание необходимо уделить тому, чтобы качественно освоить методики анализа пожарной опасности веществ и материалов в различных агрегатных состояниях по полученным расчётным (или справочным) данным. Во многих случаях целесообразно уметь расчётными методами определять показатели пожарной опасности веществ и материалов, уметь анализировать эти данные и оценивать по ним пожарную опасность веществ и материалов. В итоге изучения данной темы необходимо также иметь представление: о влиянии различных факторов на значения показателей пожарной опасности.

Тема 10. Основные представления тепловой теории потухания пламени.

Необходимо отличать понятие потухание пламени от понятия прекращение горения. Потухание пламени не всегда означает прекращение горения, которое, как известно, может продолжаться в беспламенном режиме (гетерогенное горение или тление). Задача достижения потухания пламени сводится к снижению температуры пламени до температуры потухания путем нарушения теплового баланса процесса горения, что должно привести к тому, что энергии (тепла), выделяющейся в результате горения, не хватит для поддержания дальнейшего самопроизвольного горения (для подготовки горючего вещества к горению – разложению, испарению, а также для активации молекул). В общем случае для нарушения теплового баланса необходимо снизить скорость тепловыделения и/или увеличить скорость теплоотвода.

Другими словами, существуют два пути нарушения теплового баланса процесса горения (снижения температуры пламени): повышение интенсивности теплоотвода и снижение интенсивности тепловыделени. Все механизмы,

приёмы и способы тушения пожаров нужно рассматривать с точки зрения их влияния на указанные процессы.

Раздел 3. Взрыв и взрывчатые вещества

Тема 11. Явление взрыва. Ударные волны и детонация.

Изучение данной темы следует начать с усвоения понятия «взрыв». Целесообразно изучить причины и типы взрывов, понять процессы, происходящие при физическом, химическом и тепловом взрывах. Необходимо изучить классификацию взрывов по плотности вещества и типам химических реакций. Особое внимание следует обратить на рассмотрение понятий детонации, возбуждения взрыва, начального импульса и его длительности.

Важно рассмотреть условия устойчивого распространения детонации. При этом, изучая детонационную способность взрывчатых веществ, следует уяснить такие понятия, как «критический диаметр детонации», «критическая плотность ВВ», «канальный эффект». Здесь же следует изучить механизм детонации.

Тема 12. Виды и характеристики взрывчатых веществ.

Следует четко уяснить понятие взрывчатого вещества. При этом важно освоить различия между инициирующими и бризантными взрывчатыми веществами. Особое внимание следует уделить рассмотрению процесса горения взрывчатых веществ и мер безопасности, в том числе и пожарной безопасности, при обращении со взрывчатыми веществами.

Важно изучить основные физико-химические характеристики взрывчатых веществ и освоить понятие и методы определения чувствительности взрывчатых веществ. Следует ознакомиться с бризантным и фугасным действиями взрывчатых веществ.

Основное внимание при самостоятельном изучении дополнительных вопросов данной темы необходимо уделить рассмотрению поражающих факторов аварийных взрывов, которые могут иметь место на предприятиях, а также при хранении и транспортировке взрывчатых веществ. При этом следует подробно рассмотреть воздействие взрыва на людей (прямое и побочное). Важно подробно изучить природу, форму, энергию и мощность ударной волны как одного из основных поражающих факторов.

Выполняя расчеты параметров, характеризующих воздушную падающую и отраженную ударную волну, целесообразно ознакомиться с понятиями избыточного давления во фронте ударной волны, импульса фазы сжатия, скорости движения фронта ударной волны. В завершении изучения темы необходимо изучить вопросы изменения избыточного давления во фронте воздушной ударной волны.

3.2.1. Принятые обозначение

n – число молей вещества
β – стехиометрический коэффициент при кислороде
$V_В^{теор}$ – теоретически необходимый для горения, м^3
$V_В^{действ}$ – действительный (практический) объём воздуха, пошедшего на горение, м^3
$V_{пг}^{теор}$ – теоретический объём продуктов горения, м^3
P – давление газа, Па
P_0 – исходное (атмосферное) давление, Па
P_s – давление падающей ударной волны, Па
P_r – давление отражённой ударной волны, Па
T – температура вещества, К
Q – количество теплоты, Дж
V_i – объём i-го газообразного вещества, м^3, кмоль
α – коэффициент избытка воздуха
$T_{свп}$ – температура самовоспламенения, К
$T_{всп}$ – температура вспышки, К
m – масса вещества, кг
W – масса взрывчатого вещества, кг
R – расстояние от эпицентра взрыва до точки наблюдения, м
M – молярная масса, т.е. масса одного киломоля вещества, кг/кмоль
$Q_н$ – низшая теплота сгорания вещества, кДж/моль, кДж/кг
H_i – энтальпия i-го вещества, кДж/моль, кДж/м^3
$T_Г$ – температура горения, К
c_{pi} – теплоёмкость i-го газа при постоянном давлении, кДж/моль·К; кДж/м^3
η – коэффициент теплопотерь
$\varphi_{н\,(в)}$ – нижний (верхний) концентрационные пределы распространения пламени, %
$T_{н\,(в)}$ – нижний (верхний) температурные пределы
$M_р$ – число концевых функциональных групп
l_i – длина i-й углеродной цепи
t_a – время прихода ударной волны, с
T_s – время, за которое давление в точке прихода взрывной волны возвращается к исходному (атмосферному) давлению, с

3.2.2. Словарь основных терминов

Безопасный экспериментальный максимальный зазор (БЭМЗ) – наибольший зазор между фланцами взрывопреградителя (или другого устройства), при котором взрыв из оболочки не передается в окружающую среду.

Бризантное действие взрыва – действие, которое оказывают продукты взрыва на расстоянии, соизмеримом с размерами заряда ВВ (ближние формы

работы взрыва).

Бризантность ВВ – способность ВВ к местному разрушительному действию в результате резкого воздействия продуктов взрыва на окружающую среду. Бризантность проявляется в непосредственной близости от поверхности заряда ВВ.

Взрывная волна – движение окружающей среды, порожденное взрывом.

Взрыв – процесс выделения энергии за короткий промежуток времени, связанный с мгновенным физико-химическим изменением состояния вещества, приводящим к возникновению скачка давления или ударной волны, сопровождающийся образованием сжатых газов или паров, способных производить работу.

Взрывчатые вещества (ВВ) – индивидуальные химические соединения или их смеси, способные после инициирующего импульса к взрыву за счет химических реакций.

Гомотермальный слой – слой горящей жидкости определенной толщины, температура которого одинакова во всех его точках.

Горение – быстропротекающий (секунды или доли секунд), окислительно-восстановительный, экзотермический самоподдерживающийся процесс, часто сопровождающийся образованием пламени.

Горение гомофазное – процесс, в котором исходные вещества, промежуточные стабильные вещества и продукты реакции находятся в пределах одной фазы.

Горение гетерофазное – процесс, в котором исходные вещества, промежуточные стабильные вещества и продукты реакции образуют более чем одну фазу.

Горение полное – процесс, при котором образуются продукты горения, не способные к дальнейшему окислению.

Горение неполное – процесс, при котором образуются продукты горения, способные к дальнейшему окислению.

Горение стационарное – процесс, при котором скорости прихода тепла из зоны химической реакции и расхода тепла на подготовку к горению нового объема вещества равны.

Горение кинетическое – процесс, при котором общая скорость горения и все его характеристики определяются скоростью химического взаимодействия молекул окислителя и горючего вещества.

Горение диффузионное – процесс, при котором общая скорость горения и его характеристики определяются скоростью диффузии молекул.

Горение ламинарное – процесс, при котором массообмен и перенос происходят путем молекулярной диффузии. При этом наблюдается спокойное, безвихревое пламя устойчивой геометрической формы.

Горение турбулентное – процесс, при котором массообмен и перенос осуществляются не только за счет молекулярной, но и турбулентной диффузии, в результате макроскопического вихревого движения газовых слоев горючей смеси.

Горючие (сгораемые) вещества – вещества, которые способны самовозгораться, а также возгораться при воздействии источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления.

Детонация – волновой процесс распространения по веществу зоны экзотермической реакции с постоянной сверхзвуковой скоростью. Детонация – комплекс ударной волны и следующей за ее фронтом зоны химической реакции.

Зажигание – процесс воспламенения горючей смеси в результате нагревания источником зажигания малой (точечной) части объема холодной горючей смеси.

Заряд взрывчатого вещества – порция взрывчатого вещества, предназначенная для взрыва.

Иодное число – количество йода (в граммах), вступившего в химическую реакцию со 100 граммами вещества.

Источник зажигания – средство энергетического воздействия, инициирующее процесс горения.

Кислородный индекс воспламеняемости – минимальное содержание кислорода в азотно-кислородной смеси (в % об.), при котором еще возможно пламенное горение полимера.

Конвекция – вид теплообмена, при котором тепло передается за счет перемешивания слоев, вызванного подъемной (выталкивающей) силой.

Коэффициент избытка воздуха – отношение объема воздуха, практически расходуемого на горение, к теоретическому объему, необходимому для полного сгорания.

Критический диаметр детонации ВВ – минимальный диаметр цилиндрического заряда ВВ, способного детонировать при любой длине заряда.

Максимальное давление взрыва – наибольшее избыточное давление, возникающее при дефлаграционном сгорании газо-, паро- или пылевоздушной смеси в замкнутом сосуде при начальном давлении смеси 101,3 кПа.

Минимальная энергия зажигания E_{min} – наименьшее значение электрического разряда, способного воспламенить наиболее легковоспламеняющуюся смесь горючего газа, пара или пыли с **воздухом.**

Минимальная флегматизирующая концентрация – наименьшая концентрация флегматизатора в смеси горючего с окислителем, при которой смесь становится неспособной к распространению пламени при любом соотношении горючего и окислителя.

Негорючие (несгораемые) вещества – вещества, которые не способны к горению в воздухе.

Нормальное (дефлаграционное) горение – дозвуковой процесс распространения горения по однородной горючей смеси, при котором движение фронта пламени происходит по диффузионно-тепловому механизму вследствие послойного разогрева смеси от продуктов горения.

Нижний и верхний концентрационные пределы распространения пламени (воспламенения) – соответственно, минимальное и максимальное содержание горючего вещества в однородной смеси с окислительной средой,

при котором возможно распространение пламени по смеси на любое расстояние от источника зажигания.

Нижний (НТПР) и верхний (ВТПР) температурные пределы распространения пламени – температуры жидкости, при которых концентрация насыщенных паров над ее поверхностью равна соответственно нижнему и верхнему концентрационному пределу.

Область распространения пламени или область воспламенения – область концентраций горючего, заключенная между его концентрационными пределами воспламенения.

Огнепреградитель – устройство, основанное на явлении гашения пламени в узких каналах.

Пламя – излучающий свет газовый объем, в котором происходит реакция горения.

Пожарная опасность – возможность возникновения и быстрого развития пожара, заключенная в веществе или процессе.

Показатель токсичности продуктов горения – отношение количества материала к единице объема замкнутого пространства, в котором образующиеся при горении материала газообразные продукты вызывают гибель 50 % подопытных животных.

Предел безопасности ВВ (нижний предел чувствительности к механическому или электрическому импульсу) – максимальная высота падения груза или максимальная энергия источника зажигания, при которой все испытания ВВ еще дают 100 % отказ на взрыв.

Предел безотказности ВВ (верхний предел чувствительности к механическому или электрическому импульсу) минимальная высота падения груза или минимальная энергия источника зажигания, при которой все испытания ВВ еще дают 100 % взрыв.

Пыль – дисперсная система, в которой твердые вещества или материалы, диспергированы до частиц размером 850 мкм (0,85 мм) и распределены в газовой фазе.

Реакция химическая гетерогенная – протекает в пределах одной фазы.

Реакция химическая гомогенная – протекает на границе раздела фаз.

Самовоспламенение – явление резкого увеличения скорости экзотермических объемных реакций окисления, приводящее к возникновению горения и /или взрыва.

Скорость выгорания – количество жидкости, выгорающей с единицы площади ее поверхности в единицу времени.

Скорость выгорания линейная – высота слоя жидкости, которая выгорает в единицу времени.

Скорость распространения пламени нормальная – минимальная скорость, с которой пламя может распространятся в горючей среде по нормали к своему фронту.

Скорость пламени видимая – наблюдаемая в реальных условиях скорость распространения фронта пламени относительно неподвижных предметов (стенки трубы, сосуда и т.п.).

Скорость нарастания давления при взрыве − это величина, равная производной давления взрыва по времени на восходящем участке зависимости давления взрыва газо-, паро- или пылевоздушной смеси в замкнутом сосуде от времени.

Теплопроводность – вид теплообмена, при котором тепло передается за счет механических колебаний молекул (атомов) и взаимодействия свободных электронов.

Тепловое излучение – вид теплообмена, при котором перенос энергии осуществляется посредством электромагнитных волн (от 0,4 до 100 мкм). В отличие от теплопроводности и конвекции, лучистый теплообмен не требует наличия промежуточной среды между источником и приемником тепла.

Теплота сгорания низшая – количество тепла, выделяющееся при полном сгорании единицы массы вещества с образованием воды в парообразном состоянии.

Теплота сгорания высшая – количество тепла, выделяющееся при полном сгорании единицы массы вещества с образованием воды в жидком состоянии.

Температура горения – максимальная температура, до которой нагреваются продукты горения.

Температура горения теоретическая – температура, при которой выделившаяся теплота горения смеси стехиометрического состава расходуется на нагрев и диссоциацию продуктов горения.

Температура горения калориметрическая – температура, которая достигается при горении стехиометрической горючей смеси, с начальной температурой 273 К и при отсутствии потерь в окружающую среду.

Температура горения адиабатическая – температура полного сгорания смесей любого состава при отсутствии тепловых потерь в окружающую среду.

Температура горения действительная – температура горения, достигаемая в условиях реального пожара.

Тление – беспламенное горение.

Температура самовоспламенения – наименьшая температура окружающей среды, при которой в условиях специальных испытаний наблюдается самовоспламенение вещества.

Температура зажигания – минимальная температура источника зажигания, выше которой всегда происходит воспламенение от него горючей смеси.

Температура вспышки – наименьшая температура конденсированного вещества, при которой в условиях специальных испытаний над его поверхностью образуются пары и газы, способные вспыхивать от источника зажигания; устойчивое горение при этом не возникает.

Температура воспламенения – наименьшая температура вещества, при которой в условиях специальных испытаний вещество выделяет горючие газы и пары с такой скоростью, что при воздействии источника зажигания наблюдается воспламенение жидкости и ее устойчивое горение.

Трудногрючие (трудносгораемые) вещества – вещества, способные гореть в воздухе при воздействии источника зажигания, но не способные самостоятельно гореть после его удаления.

Ударная волна – узкая переходная область, отделяющая объем сжатого газа от несжатого, в которой происходит резкое увеличение плотности, давления и скорости вещества. Распространяется со сверхзвуковой скоростью.

Удельный теоретический объем воздуха – минимальный объем воздуха, необходимый для полного сгорания единицы массы (или одного моля) горючего вещества при нормальных условиях (T^o =273 К; P^o=$1 \cdot 10^5$ Па).

Удельный тротиловый эквивалент ВВ (ТНТ-эквивалент) – величина, показывающая во сколько раз мощность взрыва 1 кг данного ВВ отличается от мощности взрыва 1 кг тротила (тринитротолуола).

Удельная теплота горения – количество теплоты, которое выделяется при полном сгорании единицы массы или объема горючего вещества.

Фаза – гомогенная часть гетерогенной системы, отделенная от других частей реальной или воображаемой границей раздела, при переходе через которую все свойства изменяются скачкообразно.

Фронт пламени – наиболее высокотемпературная часть пламени.

Фугасность (работоспособность) ВВ – полная удельная работа взрыва, создаваемого зарядом данного ВВ.

Фугасное действие взрыва – действие взрыва на расстоянии, существенно превышающем размеры заряда ВВ. Проявляется в совершении работы разрушения или перемещения среды продуктами взрыва в процессе их расширения.

3.2.3. Методические рекомендации по выполнению рефератов

Требования к реферату

После завершения изучения темы обучающимся предоставляются вопросы для самопроверки, позволяющие проверить, насколько продуктивно освоен пройденный материал. Если обучающиеся не могут ответить на поставленные вопросы, они должны вернуться к конспектам лекций и учебным пособиям и повторить содержание темы, прежде чем продолжать дальнейшее изучение раздела. В том случае, если обучающийся желает получить дополнительную (повышенную) оценку, либо по уважительной причине пропустил большое количество учебных занятий, он может отчитаться написанием реферата. Выполненный реферат отражает степень и уровень освоения обучающимся содержания отдельного раздела, либо всего курса «Теория горения и взрыва». Лучшие работы могут участвовать в конкурсе научных работ курсантов и студентов или быть представлены в качестве докладов на ученических научно-практических конференциях.

Для того, чтобы обучающийся мог лучше понять тему и в своем реферате достаточно полно раскрыть её содержание, он должен придерживаться предложенного плана и использовать рекомендованную литературу к данной теме.

Объём реферата вместе с планом и списком использованной литературы должен составлять не менее 20 страниц формата А-4 машинописного текста (требования к оформлению на странице: поля стандартные, на странице 30-35 строк, в строке 64 знака, интервал 1,5, страницы пронумерованы). На первой странице обязательно ставится личная подпись обучающегося. Срок сдачи реферата обучающимся – не позднее, чем за 10 дней до зачёта. Подробно методические указания по выполнению рефератов приведены в пособии: Теория горения и взрыва. Методические рекомендации по организации и контролю самостоятельной работы [Электронный ресурс]: Специальность 20.05.01 Пожарная безопасность / сост. Е. В. Гайнуллина – Екатеринбург: Уральский институт ГПС МЧС России, 2021. – 33 с.

Примерный перечень рекомендуемых тем рефератов

1. Развитие научных представлений о процессе горения.
2. Термодинамика процессов горения.
3. Возникновение и развитие горения веществ и материалов.
4. Тлеющее горение.
5. Диффузионные пламена и факелы.
6. Особенности горения жидкостей.
7. Вскипание и выброс жидкостей при их горении.
8. Особенности горения твёрдых веществ.
9. Горение металлов.
10. Горение полимеров.
11. Горение целлюлозных материалов.
12. Самовозгорание масел, жиров и олиф.
13. Самовозгорание торфа.
14. Горение жидких и твёрдых топлив.
15. Зажигание твёрдых веществ.
16. Распространение пламени.
17. Экспериментальное исследование пламён.
18. Ламинарные пламена.
19. Турбулентные пламена.
20. Низкотемпературное и высокотемпературное окисление.
21. Гашение пламени.
22. Ингибиторы.
23. Флегматизаторы.
24. Дымообразование и движение дыма.
25. Тепловой взрыв.
26. Взрыв. Причины и последствия.
27. Искровое зажигание.
28. Детонация.
29. Взрыв и взрывчатые вещества.
30. Взрывчатые вещества и их использование в мирных целях.
31. Пиротехнические составы.
32. Взрывозащита технологического оборудования.

33. Физико-химические основы механизмов прекращения горения.
34. Предельные явления в горении и тепловая теория потухания.

4. Информационное обеспечение обучения

1. Беззапонная О. В. Сборник задач по курсу «Теория горения и взрыва»: учеб. пособие. [Текст] : допущено Министерством Российской Федерации по делам гражданской обороны и ликвидации последствий стихийных бедствий в качестве учебного пособия / О. В. Беззапонная, Е. В. Гайнуллина. - Екатеринбург : УрИ ГПС МЧС России, 2013. - 113 с.
2. Гайнуллина Е. В. Теория горения и взрыва. Практикум [текст] : учеб. пособие. Специальность 20.05.01 Пожарная безопасность. Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность. Специальность 40.05.03 Судебная экспертиза / Е. В. Гайнуллина, О. В. Беззапонная, М.Л. Кондратьева - Екатеринбург : УрИ ГПС МЧС России, 2021. - 87 с.
3. Гайнуллина Е. В., Беззапонная О. В. Теория горения и взрыва [Текст] : информационно-справочный материал. Специальность 20.05.01 Пожарная безопасность. Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность / сост. : Е. В. Гайнуллина, О. В. Беззапонная - Екатеринбург : УрИ ГПС МЧС России, 2021. - 52 с.
4. Гайнуллина Е.В. Оценка пожарной опасности веществ и материалов [Текст] : учебное пособие. Специальность 20.05.01 Пожарная безопасность, направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность, специальность 40.05.03 Судебная экспертиза / Е. В. Гайнуллина, А. В. Кокшаров – Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2019. – 54 с.
5. ГОСТ 12.1.044-89 «Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов» М.: Изд-во стандартов. 1990. 143 с. Режим доступа: http://mobileonline.garant.ru/#/document/2321321.
6. Корольченко А. Я. Корольченко Д. Я. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник: в 2-х ч. М.: Асс. «Пожнаука», 2004.Ч.1. 713 с; Ч.2. 774 с.
7. Теория горения и взрыва [Электронный ресурс] : методические рекомендации по подготовке к контрольной работе. Специальность 20.05.01 Пожарная безопасность / сост. Е.В. Гайнуллина. – Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2021. – 17 с. — Режим доступа: http: // 10.97.170.7.
8. Теория горения и взрыва [Электронный ресурс] : методические рекомендации по подготовке к экзамену для обучающихся по специальности 20.05 01 Пожарная безопасность / сост. Е.В. Гайнуллина – Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2021. – 22 с. – Режим доступа: http: // 10.97.170.7.

9. Теория горения и взрыва [Электронный ресурс] : методические рекомендации по организации и контролю самостоятельной работы курсантов. Специальность 20.05.01 Пожарная безопасность / сост. Е.В. Гайнуллина – Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2021. – 33 с. – Режим доступа: http: // 10.97.170.7.
10. Теория горения и взрыва [Электронный ресурс] : методические рекомендации по изучению дисциплины. Специальность 20.05.01 Пожарная безопасность / сост. Е.В. Гайнуллина. – Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2020. – 44 с.
11. Теория горения и взрыва [Электронный ресурс] : методические указания и задания для выполнения контрольной работы слушателями факультета заочного обучения. Специальность 20.05.01 Пожарная безопасность, направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность / сост. О.В. Беззапонная, Е.В. Гайнуллина. – Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2020. – 81 с. – Режим доступа: http: // 10.97.170.7.
12. Русинова Е. В. Теория горения и взрыва: учебное пособие. Направление подготовки 280700 Техносферная безопасность [Текст]: допущено Министерством Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий в качестве учебного пособия для курсантов и студентов / Е.В. Русинова, О. В. Беззапонная, Е. В. Гайнуллина. Екатеринбург: УрИ ГПС МЧС России, 2014 – 292 с.
13. Федеральный закон от 22.07.2008 №123-ФЗ (ред. От 02.07.13) Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. Новосибирск : норматика, 2016. – 112 с. Режим доступа: http://mobileonline.garant.ru/#/document/12161584:1.

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «иИтернет», профессиональные базы данных и информационно-справочные системы необходимые для освоения дисциплины

1. Elibrary.ru [Электронный ресурс]: электронная библиотечная система: база данных содержит сведения об отечественных книгах и периодических изданиях по науке, технологии, медицине и образованию / Рос. информ. портал. – Москва, 2000. Режим доступа: http://eLibrary.ru.
2. Российская государственная библиотека [Электронный ресурс]: содержит электронные версии книг, учебников, монографий, сборников научных трудов как отечественных, так и зарубежных авторов, периодических изданий. Режим доступа: http://www.rbc.ru.
3. Информационно-справочная система «Гарант» [Электронный ресурс]: содержит базу данных правовых документов. Режим доступа: https://www.garant.ru.
4. http://10.97.170.7 – электронная библиотека УрИ ГПС МЧС России