

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ИВАНОВСКАЯ ПОЖАРНО-
СПАСАТЕЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ
СЛУЖБЫ МИНИСТЕРСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДЕЛАМ
ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ И
ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ»**



**Методические рекомендации
по организации внеаудиторной работы
обучающихся по дисциплине
«Теория горения и взрыва»**

Специальность
20.02.04 Пожарная безопасность

Направленность
«Тушение и профилактика пожаров»

Иваново 2024

Мочалова Т.А.

Методические рекомендации по организации внеаудиторной работы обучающихся по дисциплине «Теория горения и взрыва» (далее методические рекомендации) по специальности 20.02.04 «Пожарная безопасность» – Иваново: ИПСА ГПС МЧС России, 2024. – 35 с.

Методические рекомендации содержат советы по планированию и организации времени, необходимого на изучение дисциплины, пожелания по изучению отдельных тем курса, рекомендации по использованию материалов учебно-методического комплекса, рекомендации по работе с литературой; советы по подготовке к промежуточной аттестации.

Методические рекомендации рассмотрены на заседании кафедры государственного надзора и экспертизы пожаров (в составе УНК «Государственный надзор»).

Протокол № _____ от _____ 2024 г.

Методические рекомендации обсуждены и одобрены на заседании методико-педагогического совета Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России.

Протокол № _____ от _____ 2024 г.

СОДЕРЖАНИЕ

№ п/п	Наименование раздела	Стр.
1.	Введение	4
2.	Методические рекомендации по изучению тем дисциплины	6
2.1	Тема 1. Основы процессов горения	6
2.2	Тема 2. Материальный и тепловой баланс процессов горения	8
2.3	Тема 3. Процессы воспламенения и самовоспламенения	14
2.4	Тема 4. Горение газов, жидкостей и твердых материалов	17
2.5	Тема 5. Взрывы: типы взрывов, классификация взрывов	21
2.6	Тема 6. Оценка взрывопожарной и пожарной опасности веществ и материалов	24
2.7	Тема 7. Прекращение и предотвращение процессов горения	26
3.	Методические рекомендации для подготовки к промежуточной аттестации	30
4.	Словарь терминов по дисциплине «Теория горения и взрыва»	32

ВВЕДЕНИЕ

Предметом изучения дисциплины «Теория горения и взрыва» являются физические и химические процессы и явления, связанные с горением на стадии его возникновения, развития и прекращения.

Использование знаний о механизмах протекания горения дает возможность управлять горением на пожаре, организовывать профилактические меры против возникновения самовоспламенения, самовозгорания, воспламенения, меры по снижению интенсивности горения на пожаре, его локализации и тушению. Глубокое понимание явления горения обеспечивает успешную борьбу с пожарами.

Знание химической и физической сути горения необходимо для успешно работы профессионала пожарной безопасности в любой области его деятельности.

Цель изучения дисциплины состоит в формировании у обучающихся систематизированных теоретических знаний и комплекса практических умений в области теории горения и взрыва, что позволит обучающимся компетентно решать профессиональные задачи пожарной безопасности.

Объектами профессиональной деятельности выпускников, освоивших дисциплину «Теория горения и взрыва», являются организация и осуществление функционирования совокупности сил и средств пожарной охраны, системы мер правового, организационного, экономического, социального и научно-технического характера, направленные на профилактику пожаров, их тушение и проведение аварийно-спасательных работ.

Виды профессиональной деятельности, к которым готовятся обучающиеся, освоившие дисциплину «Теория горения и взрыва»:

- выполнение работ по осуществлению караульной службы, тушению пожаров, проведению аварийно-спасательных работ;

- организация тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ.

Обучающийся, освоивший дисциплину «Теория горения и взрыва», в соответствии с видами профессиональной деятельности, на которые ориентирована дисциплина, готов решать следующие задачи профессиональной деятельности

выполнение работ по осуществлению караульной службы, тушению пожаров, проведению аварийно-спасательных работ:

- организация службы пожаротушения и проведение работ по тушению пожаров и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций;

- организация тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ:

- организация службы пожаротушения и проведение работ по тушению пожаров и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций;

- ремонт и обслуживание технических средств.

В результате освоения дисциплины «Теория горения и взрыва» у обучающихся должны быть сформированы элементы следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по специальности 20.02.04 Пожарная безопасность и квалификационными требованиями к специальной профессиональной подготовке

выпускников образовательных организаций высшего образования МЧС России пожарно-технического профиля по специальности 20.02.04:

- общие компетенции (ОК):

ОК 07 Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, применять знания об изменении климата, принципы бережливого производства, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях.

- профессиональные компетенции (ПК):

ПК 1.5. Выполнять работы по эксплуатации первичных средств пожаротушения и установок пожаротушения.

ПК 3.6. Организовывать действия по тушению пожаров с применением автоматизированных (роботизированных) и перспективных установок пожаротушения.

ПК 3.8. Выполнять работы по приемке (передаче) и содержанию в состоянии постоянной готовности к тушению пожара и проведению поисково-спасательных работ мобильных средств пожаротушения, средств связи, средств индивидуальной защиты и спасения, огнетушащих веществ и специальных агрегатов, аварийно-спасательной техники.

Дисциплина «Теория горения и взрыва» (ОП.08) относится к обязательной части общепрофессионального цикла образовательной программы по специальности 20.02.04 Пожарная безопасность, направленность «Тушение и профилактика пожаров».

При изучении дисциплины планируется проведение лекций, практических занятий, лабораторных работ и самостоятельное выполнение обучающимися расчетно-графической работы.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 80 часов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Тема. Основы процессов горения

Цель: сформировать современные, целостные взаимосвязанные знания о физико-химической природе процессов горения и взрыва и механизме химического взаимодействия при этих явлениях, изучить классификацию процессов горения и взрыва.

Методические рекомендации по изучению темы

Данная тема дает общие представления об основных физических и химических процессах, протекающих при горении, знакомит с различными видами и режимами горения.

1. Изучите данную тему с использованием материала лекций и учебной литературы.
2. Заучите определения основных понятий (см. опорные термины, словарь терминов расположен в конце данных методических указаний).
3. Горение – основной процесс на пожаре, поэтому изучение явления горения следует начинать с рассмотрения механизма протекания элементарных реакций. Следует вспомнить законы химической кинетики (влияние температуры, концентрации реагирующих веществ и наличия катализаторов/ингибиторов на скорость химической реакции). Обратите внимание на условия возникновения горения, механизмы его протекания. Упомянутые вопросы из раздела химической кинетики важны для объяснения понятий концентрационных пределов воспламенения, механизма действия огнетушащих веществ и т.д.
4. Для лучшего понимания и запоминания классификации видов и режимов горения разберите классификацию процессов горения и классифицируйте горение костра, свечи, газовой горелки, газового фонтана, жидкости в резервуаре по всем параметрам. Результаты записать в тетрадь с конспектами в виде таблицы:

Таблица 1 **Виды и режимы горения различных объектов**

Виды и режимы горения	Горящий объект				
	костер	свеча	газовая горелка	газовый фонтан	жидкость в резервуаре
По механизму распространения зоны горения по горючей смеси					
По агрегатному состоянию горючего вещества и окислителя.					
По соотношению скорости смешения и скорости реакции горения					
По газодинамическому состоянию компонентов смеси					
По полноте сгорания					

Вопросы для самоконтроля

1. Дать определение процессам горения и взрыва.
2. Перечислите условия, необходимые для возникновения горения.

3. Какие явления сопровождают процесс горения?
4. Назовите поражающие факторы дыма.
5. Какие виды источников зажигания вы знаете?
6. Назовите способы передачи тепла от пламени к горючему веществу.
7. Классификация процессов горения по механизму распространения зоны горения по горючей смеси и по агрегатному состоянию горючего вещества и окислителя.
8. Классификация процессов горения по соотношению скорости смесеобразования и скорости реакции горения и по газодинамическому состоянию компонентов смеси.
9. Классификация процессов горения по полноте сгорания. Приведите примеры продуктов полного и неполного сгорания. Что влияет на полноту горения, почему?
10. Понятие энергии активации.

Опорные термины по теме «Основы процессов горения»:
горение, окислитель, восстановитель, пламя, взрыв.

**Перечень литературы и учебно-методических материалов
для самостоятельной подготовки по теме**

а) основная литература

1. Вогман Л.П. Теория горения и взрыва: учебник / Л.П. Вогман, Т.А. Мочалова, Н.А. Таратанов. – М.: КУРС, 2019. – 224 с.

б) дополнительная литература

2. Марков В.Ф. Физико-химические основы развития и тушения пожаров: Учебное пособие для курсантов, студентов и слушателей образовательных учреждений МЧС России / В.Ф. Марков, Л.Н. Маскаева, М.П. Миронов, С.Н. Пазникова, Екатеринбург: УрО РАН.2009. – 274 с.

3. Мочалова Т.А. Физико-химические основы горения: учебное пособие / Т.А. Мочалова, Д.В. Батов, А.В. Петров, Н.А. Таратанов – Иваново: ООНИ ЭКО ИВИ ГПС МЧС России, 2014. – 170 с.

4. Тотай А.В. Теория горения и взрыва: учебник и практикум для СПО / под общ. ред. А.В. Тотая, О.Г. Казакова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. Юрайт, 2019. – 255 с.

Тема. Материальный и тепловой баланс процессов горения

Цель: изучить основы материального и теплового баланса реакции горения, научиться рассчитывать объем воздуха, необходимого для горения, объем и состав выделившихся продуктов реакции и температуру горения.

Методические рекомендации по изучению темы

Данная тема раскрывает общие положения расчётов материального и теплового баланса процессов горения газообразных и конденсированных веществ, характера свечения пламени, температуры горения, а также в рамках темы рассматриваются примеры решения типовых задач.

В данной теме предусмотрено изучение теоретического материала, решение практических задач, выполнение лабораторной работы.

1. Изучите данную тему с использованием материала лекций и учебной литературы.
2. Заучите определения основных понятий.
3. Обратите внимание на понятия теплоты и температуры горения, способы их расчета и измерения. Разберитесь, в чем состоит отличие низшей и высшей теплоты сгорания. Изучите виды температуры горения, в чем между ними разница, для чего необходимо знать теплоту и температуру горения.
4. Разберите правила составления реакции горения. Это особенно важный момент, так как практически все расчеты по дисциплине «Теория горения и взрыва» начинаются с составления реакции горения. Попробуйте самостоятельно составить реакции горения различных веществ, приведенных в справочнике [4], используя правила составления уравнений реакций горения:

При решении практически всех задач по дисциплине «Теория горения и взрыва» необходимо составить уравнение реакции горения. Поэтому очень важно научиться делать это правильно. Изучите изложенные ниже правила составления уравнений реакции горения, разберите примеры.

Алгоритм составления реакции горения вещества в воздухе

1. В левой части уравнения записывают формулу горючего вещества и воздух в виде ($O_2 + 3,76N_2$).
2. В правой части уравнения записываются формулы продуктов реакции горения, основываясь на элементном составе горючего вещества (таблица 2).

Таблица 2. Элементный состав горючих веществ и продукты их окисления

№ п/п	Элемент, содержащийся в горючем веществе	Формула образующегося продукта сгорания
1.	С (углерод)	CO_2
2.	Н (водород)	H_2O
3.	S (сера)	SO_2
4.	P (фосфор)	P_2O_5
5.	Cl (хлор)	HCl
6.	F (фтор)	HF
7.	Br (бром)	HBr
8.	I (йод)	HI

Примечание: кислород (O), содержащийся в горючем веществе, расходуется на окисление горючих элементов вещества (т.е. входит в состав образующихся оксидов - CO₂, SO₂, H₂O,) как и кислород воздуха; азот (N₂) до температуры 2000°C в реакцию не вступает и выделяется из зоны горения в неизменном виде (N₂) вместе с продуктами горения; другие элементы переходят в высшие оксиды.

3. Уравниваем реакцию горения, учитывая при этом, что количество одинаковых атомов в левой и правой частях уравнения должно быть равным.

Для упрощения расчётов параметров процесса горения перед горючим веществом ставится коэффициент **1** в связи с чем, коэффициент перед воздухом может получаться дробным.

Перед углекислым газом ставим коэффициент равный количеству атомов углерода в горючем веществе.

Затем уравниваем элементы, в правой части уравнения, за исключением H, O и N; уравниваем воду по числу атомов водорода;

Считаем число атомов кислорода в правой части уравнения, вычитаем количество атомов кислорода, содержащихся в горючем веществе (если они имеются), делим на два и ставим полученный коэффициент перед формулой воздуха. Такой же коэффициент ставим в правой части уравнения перед азотом воздуха (3,76N₂).

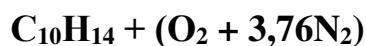
Уравниваем азот, по горючему веществу.

Примеры составления реакции горения

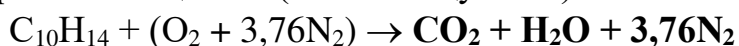
Пример 1. Составить уравнение реакции горения бутилбензола (C₁₀H₁₄) в воздухе.

Решение

1. В левой части уравнения записываем формулу горючего вещества плюс воздух:



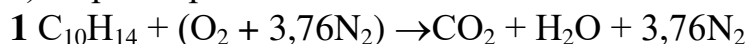
2. В правой части уравнения записываем продукты реакции горения, основываясь на составе горючего вещества (см. таблицу 2.2.1):



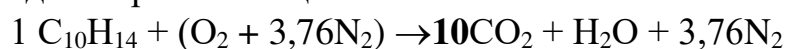
Таким образом, углерод (C), содержащийся в горючем веществе, сгорел с образованием CO₂, водород сгорел с образованием воды, а содержащийся в воздухе азот (N₂), не участвует в реакции горения и выделяется в неизменном виде – 3,76 N₂.

3. Расставим коэффициенты в схеме реакции горения.

а) Перед горючим веществом всегда ставится коэффициент **1**:

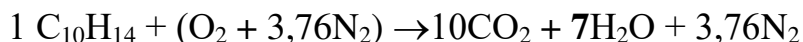


б) Перед углекислым газом ставим коэффициент равный количеству атомов углерода в горючем веществе:



в) Уравниваем элементы, входящие в состав горючего вещества, за исключением H и O. В данном случае таких элементов нет, поэтому уравниваем воду по числу атомов водорода. В составе горючего вещества четырнадцать атома водорода.

да, а в состав воды входит только два атома. Следовательно, перед молекулой воды ставим коэффициент 7:



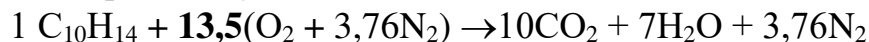
г) Считаем число атомов кислорода в правой части уравнения:

- в составе углекислого газа: $10 \cdot 2 = 20$;

- в составе воды: $7 \cdot 1 = 7$;

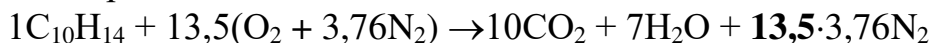
- итого: $20 + 7 = 27$ атомов кислорода.

Уравниваем число атомов кислорода в левой части уравнения: количество атомов кислорода в правой части уравнения (27) делим на 2 ($27 / 2 = 13,5$) и ставим данный коэффициент перед воздухом:



Коэффициент, который стоит в уравнении реакции горения перед кислородом воздуха обозначается буквой β и называется стехиометрическим.

д) коэффициент, стоящий перед кислородом (13,5), переносим в правую часть уравнения и ставим перед $3,76\text{N}_2$:



Проверяем правильность составления реакции горения. Для этого считаем количество одинаковых атомов в правой и левой частях уравнения:

С: слева в горючем веществе – 10, справа в составе углекислого газа $10 \cdot 1 = 10$;

Н: слева в горючем веществе – 14, справа в составе воды $2 \cdot 7 = 14$;

Н: слева в составе воздуха $13,5 \cdot 3,76 = 50,76$; справа $13,5 \cdot 3,76 = 50,76$;

О: слева в составе воздуха $13,5 \cdot 2 = 27$; справа: в составе углекислого газа $10 \cdot 2 = 20$, в воде $7 \cdot 1 = 7$, итого 27.

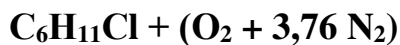
Количество одинаковых атомов в левой и правой частях уравнения равно.

Вывод: уравнение реакции горения составлено верно.

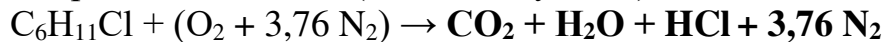
Пример 2. Составить уравнение реакции горения хлорциклогексана $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{Cl}$ в воздухе.

Решение

1. В левой части уравнения записываем формулу горючего вещества плюс воздух:



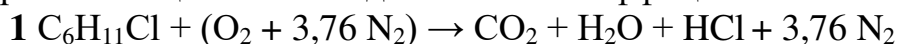
2. В правой части уравнения записываем продукты реакции горения, основываясь на составе горючего вещества (см. таблицу 2.2.1):



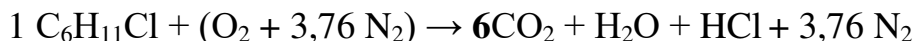
Таким образом, углерод (С), содержащийся в горючем веществе, сгорел с образованием CO_2 , водород превратился в воду, хлор превратился в хлороводород. Азот, содержащийся в воздухе, не участвует в реакции горения и выделяется в неизменном виде – $3,76 \text{ N}_2$.

3. Уравниваем реакцию горения.

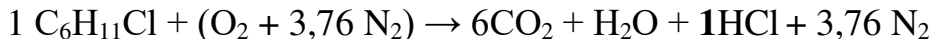
а) Перед горючим веществом всегда ставится коэффициент 1:



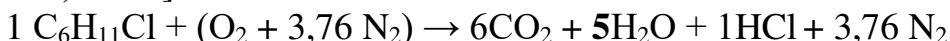
б) Перед углекислым газом ставим коэффициент равный количеству атомов углерода в горючем веществе:



в) Уравниваем элементы, входящие в состав горючего вещества, за исключением Н и О. В данном случае уравниваем хлор (Cl). В состав горючего вещества входит один атома хлора, в составе выделившейся молекулы хлороводорода тоже один атом, поэтому перед молекулой хлороводорода в продуктах реакции ставим коэффициент 1:



г) Уравниваем воду по числу атомов водорода. В составе горючего вещества одиннадцать атомов водорода, один из которых уже вошел в состав хлороводорода. Следовательно, на воду приходится лишь десять атомов, а в составе воды уже присутствуют два атома водорода. Следовательно, перед молекулой воды ставим коэффициент 5 $[(11-1):2 = 5]$:



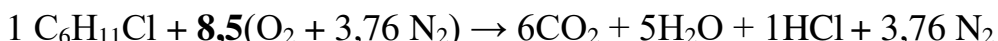
д) Считаем число атомов кислорода в правой части уравнения:

- в составе углекислого газа: $6 \cdot 2 = 12$;

- в составе воды: $5 \cdot 1 = 5$;

итого: $12 + 5 = 17$ атомов кислорода.

Уравниваем число атомов кислорода в левой части уравнения: в составе горючего вещества нет атомов кислорода, следовательно, делим количество атомов кислорода в правой части уравнения на 2 ($17/2 = 8,5$) и ставим данный коэффициент перед воздухом:



е) коэффициент, стоящий перед кислородом (8,5), переносим в правую часть уравнения и ставим перед $3,76\text{N}_2$:



Проверяем правильность составления реакции горения. Для этого считаем количество одинаковых атомов в правой и левой частях уравнения:

С: слева в горючем веществе – 6; справа в составе углекислого газа $6 \cdot 1 = 6$;

Н: слева в горючем веществе – 11; справа в составе воды $2 \cdot 5 = 10$, в составе хлороводорода – 1, итого $10 + 1 = 11$;

Cl: слева в горючем веществе – 1; справа в составе хлороводорода – 1;

N: слева в составе воздуха $8,5 \cdot 3,76 = 31,96$; справа $8,5 \cdot 3,76 = 31,96$;

O: слева в составе воздуха $8,5 \cdot 2 = 17$; справа: в составе углекислого газа – $6 \cdot 2 = 12$, в воде $5 \cdot 1 = 5$, итого 17.

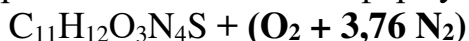
Количество одинаковых атомов в левой и правой частях уравнения равно.

Вывод: уравнение реакции горения составлено верно.

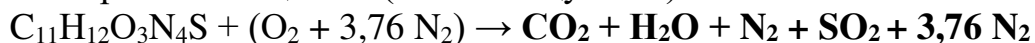
Пример 3. Составить уравнение реакции горения сульфалена $\text{C}_{11}\text{H}_{12}\text{O}_3\text{N}_4\text{S}$ в воздухе.

Решение

1. В левой части уравнения записываем формулу сульфалена и воздух:



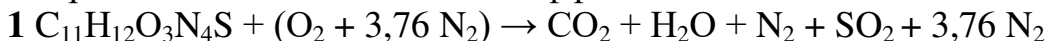
2. В правой части уравнения записываем продукты реакции горения, основываясь на составе горючего вещества (см. таблицу 2.2.1):



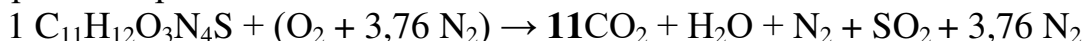
Таким образом, углерод (С), содержащийся в горючем веществе, сгорел с образованием CO_2 , водород превратился в воду, кислород, содержащийся в горючем веществе, вошел в состав воды и углекислого газа, сера образовала оксид SO_2 , азот, находившийся в горючем веществе, выделился в свободном виде - N_2 . Азот воздуха также не участвует в реакции горения и выделяется в неизменном виде - $3,76 \text{ N}_2$.

3. Уравниваем реакцию горения.

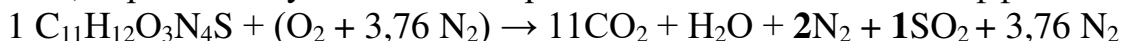
а) Перед горючим веществом ставим коэффициент **1**:



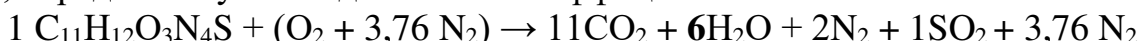
б) Перед формулой углекислого газа ставим коэффициент равный количеству атомов углерода в горючем веществе:



в) Уравниваем элементы, входящие в состав горючего вещества, за исключением Н и О. В данном случае уравниваем серу и азот. В состав горючего вещества входит один атом серы, в составе выделившейся молекулы SO_2 тоже один атом, поэтому перед молекулой SO_2 в продуктах реакции ставим коэффициент 1; в горючем веществе четыре атома азота, в составе выделившейся молекулы N_2 – два атома, следовательно, перед молекулой азота в горючем веществе ставим коэффициент 2:



г) Уравниваем воду по числу атомов водорода. В составе горючего вещества двенадцать атомов водорода, а в состав воды входит только два атома. Следовательно, перед молекулой воды ставим коэффициент 6:



д) Считаем число атомов кислорода в правой части уравнения:

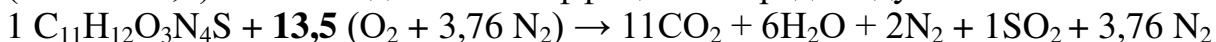
в составе углекислого газа: $11 \cdot 2 = 22$;

в составе воды: $6 \cdot 1 = 6$;

в составе оксида серы: $1 \cdot 2 = 2$;

итого: $22 + 6 + 2 = 30$ атомов кислорода.

Уравниваем число атомов кислорода в левой части уравнения: в составе горючего вещества имеется 3 атома кислорода, вычитаем это число из количества атомов кислорода в правой части уравнения ($30 - 3 = 27$), делим полученное число на 2 ($27 / 2 = 13,5$) и ставим данный коэффициент перед воздухом:



е) коэффициент, стоящий перед кислородом (13,5), переносим в правую часть уравнения и ставим перед $3,76\text{N}_2$:



Проверяем правильность составления реакции горения. Для этого считаем количество одинаковых атомов в правой и левой частях уравнения:

С: слева в горючем веществе – 11; справа в составе углекислого газа $11 \cdot 1 = 22$;

Н: слева в горючем веществе – 12; справа в составе воды $2 \cdot 6 = 12$;

С: слева в горючем веществе – 1; справа в составе оксида серы – 1;

Н: слева в горючем веществе – 4, в составе воздуха $13,5 \cdot 3,76 = 50,76$, итого $4 + 50,76 = 54,76$; справа $13,5 \cdot 3,76 + 2 \cdot 2 = 54,76$;

О: слева в горючем веществе – 3, в составе воздуха $13,5 \cdot 2 = 27$, итого $3 + 27 = 30$; справа: в составе углекислого газа – $11 \cdot 2 = 22$, в воде $6 \cdot 1 = 6$, в оксиде серы $1 \cdot 2 = 2$, итого $22 + 6 + 2 = 30$.

Количество одинаковых атомов в левой и правой частях уравнения равно.
Вывод: уравнение реакции горения составлено верно.

Многообразие реакций горения не исчерпывается рассмотренными в данном разделе примерами. Однако, используя описанные правила, можно самостоятельно составить реакцию горения многих других горючих веществ. Написание уравнений реакций горения является важной составной частью при решении многих задач в курсе «Теория горения и взрыва».

Важно учитывать влияние коэффициента избытка воздуха на состав продуктов горения и температуру горения, так как они определяют пожароопасные характеристики веществ и материалов, дают возможность оценивать реальную обстановку на пожаре и правильно организовывать деятельность пожарных.

Вопросы для самоконтроля

1. Классификация взрывов.
2. Какие правила необходимо соблюдать при составлении реакций горения?
3. Какие вещества называют горючими, трудногорючими и негорючими?
4. Как определить горючесть вещества по коэффициенту горючести?
5. Избыток воздуха, коэффициент избытка воздуха.
6. Какие вещества называются сложными?
7. Дать определение индивидуальным химическим соединениям.
8. Сформулируйте закон Гесса и следствие из закона Гесса.
9. Теплота сгорания, ее виды.
10. Дайте определение калориметрической температуре сгорания.
11. Какие факторы влияют на температуру горения?
12. Для чего необходимо знать температуру горения?
13. Как определяют температуру горения? Почему действительная температура горения, как правило, оказывается ниже калориметрической, адиабатической и теоретической?
14. Строение ламинарного диффузионного пламени.
15. Изложите в общем виде методику расчета объема воздуха, необходимого для сгорания индивидуальных химических соединений и сложных веществ.

Опорные термины по теме «Материальный и тепловой баланс процессов горения»:

температура горения, температура внутреннего пожара, температура наружного пожара, теплота сгорания, низшая теплота сгорания, высшая теплота сгорания.

Перечень литературы и учебно-методических материалов для самостоятельной подготовки по теме

а) основная литература

1. Вогман Л.П. Теория горения и взрыва: учебник / Л.П. Вогман, Т.А. Мочалова, Н.А. Таратанов. – М.: КУРС, 2019. – 224 с.

б) дополнительная литература

2. Батов Д.В. Материальный и тепловой баланс процесса горения: учебно-методическое пособие. / Д.В. Батов, Т.А. Мочалова, О.Е. Сторонкина, Т.В. Фролова – Иваново: ООНИ ИПСА ГПС МЧС России, 2017. – 100 с.

3. Корольченко А.Я., Корольченко Д.А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник: в 2-х ч. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Асс. «Пожнаука», 2004.

4. Марков В.Ф. Физико-химические основы развития и тушения пожаров: Учебное пособие для курсантов, студентов и слушателей образовательных учреждений МЧС России / В.Ф. Марков, Л.Н. Маскаева, М.П. Миронов, С.Н. Пазникова, Екатеринбург: УрО РАН.2009. – 274 с.

5. Мочалова Т.А. Физико-химические основы горения: учебное пособие / Т.А. Мочалова, Д.В. Батов, А.В. Петров, Н.А. Таратанов – Иваново: ООНИ ЭКО ИВИ ГПС МЧС России, 2014. – 170 с.

6. Фролова Т.В. Теория горения и взрыва: практикум по специальности 20.02.04 «Пожарная безопасность» квалификация базовой подготовки «Техник». / Т.В. Фролова, Т.А. Мочалова, О.Е. Сторонкина – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2020. – 45 с.

7. Тотай А.В. Теория горения и взрыва: учебник и практикум для СПО / под общ. ред. А.В. Тотая, О.Г. Казакова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. Юрайт, 2019. – 255 с.

Тема. Процессы воспламенения и самовоспламенения

Цель: изучить теории горения, понятия самовоспламенения и самовозгорания, условия и виды самовозгорания.

Возникновение горения является наиболее важной и сложной стадией процесса горения. Детальное изучение механизмов возникновения горения очень важно для всех видов и аспектов профилактики пожаров.

В данной теме предусмотрено изучение теоретического материала, решение практических задач, выполнение лабораторных работ.

Методические рекомендации по изучению темы

1. Изучите данную тему с использованием материала лекций и учебной литературы.
2. Заучите определения основных понятий.
3. Разберите особенности тепловой и цепной теорий горения.
4. Обратите внимание на сходные и отличительные особенности процессов самовоспламенения и самовозгорания.
5. Рассмотрите, как происходит тепловое, химическое и микробиологическое самовозгорание.
6. Разберите методики решения основных типов задач по данной теме.

Приступая к изучению этой темы, необходимо вспомнить, что в основе воспламенения и горения лежит окислительно-восстановительная реакция, протекающая между горючим и окислителем. Эта реакция носит радикальный цепной харак-

тер. Энергия активации радикальных реакций составляет 0 – 63 кДж/моль, что ниже, чем у молекулярных реакций, поэтому в процессах воспламенения и горения реакции протекают именно по радикальному механизму. Особенностью таких реакций является отсутствие повышения температуры реагирующей системы в течение определенного времени, хотя реакция окисления носит экзотермический характер. Этот факт объясняется расходом тепла на образование новых цепей. Такие реакции не подчиняются законам классической кинетики, в частности, уравнению Аррениуса.

Процесс самовоспламенения некоторых горючих материалов находит объяснение с помощью цепной теории самовоспламенения.

В отличие от него в большинстве горючих систем на стадии воспламенения наблюдается постепенное повышение температуры среды, что вызвано экзотермичностью процесса, который носит на молекулярном уровне неразветвленный цепной характер, скорость этого процесса увеличивается с ростом температуры. Воспламенение по такому механизму называется тепловым самовоспламенением и объясняется тепловой теорией.

Основы обеих теорий и их количественные закономерности были разработаны советской школой ученых, а академику Н.Н.Семенову за разработку цепной теории была присуждена Нобелевская премия в 1956 году.

Практический интерес представляет вывод этой теории о существовании предельных условий самовоспламенения, определяемых соотношением скоростей тепловыделения и теплоотвода и равенством изменения этих скоростей при определенной температуре, называемой температурой самовоспламенения. Превышение скорости тепловыделения за счет реакции окисления в горючей системе при некоторой температуре над скоростью теплоотвода приводит к горению. Температура самовоспламенения принята в качестве показателя пожарной опасности веществ и материалов. Поскольку она не является физической константой, а зависит от ряда факторов (давления, поверхности теплоотвода, начальной температуры, концентрации горючего и пр.), ее стандартизируют и за показатель пожарной опасности принимают самую низкую температуру самовоспламенения горючей смеси стехиометрического состава. Все остальные условия, при которых проводится определение температуры самовоспламенения оговорены в специальных методиках. Поэтому необходимо ознакомиться с экспериментальными методами определения температуры самовоспламенения, которые рассмотрены в ГОСТе 12.1.044.- 89. «Пожаро-взрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения».

В данном разделе рассматривается также процесс самовозгорания, как частный случай самовоспламенения. Обратите внимание, что между самовоспламенением и самовозгоранием нет принципиальной разницы, критические условия воспламенения одни и те же.

Условно, если температура начала процесса лежит в пределах 290 – 320К, то говорят о самовозгорании, а если она выше, то процесс возникновения пламени называют самовоспламенением. Причиной самовозгорания могут быть микробиологические процессы, адсорбция паров и газов, сопровождающаяся повышением

температуры и, как следствие, началом реакции окисления, большая реакционная способность некоторых веществ, например, щелочных металлов и т.д.

Обратите внимание, что самовозгоранию способствует развитая поверхность материала, термическая неустойчивость вещества и ряд других факторов. Таким образом, для самовозгорания и самовоспламенения наблюдаются одни и те же зависимости. Самовозгорание бывает трех видов: тепловое, микробиологическое и химическое. Но во всех случаях причиной загорания остается экзотермический процесс, приводящий к нарушению теплового равновесия.

Вопросы для самоконтроля

1. Основы тепловой теории академика Н.Н. Семёнова.
2. Тепловое и цепное самовоспламенение, условия их возникновения.
3. Примеры (схемы) разветвляющейся и не разветвляющейся цепной реакции.
4. Температура самовоспламенения, её практическое значение. Методы определения.
5. Огнепреградители. Принцип работы, область применения.
6. Влияние объема и формы сосуда на температуру самовоспламенения.
7. Влияние состава газовой смеси на температуру самовоспламенения.
8. Влияние давления, наличия катализаторов на температуру самовоспламенения.
9. Сущность процесса самовозгорания, его отличие от самовоспламенения и воспламенения
10. Тепловое самовозгорание масел.
11. Способы определения склонности масел, жиров и олиф к самовозгоранию. Йодное число. Меры профилактики самовозгорания промасленных материалов.
12. Самовозгорание каменных углей. Профилактика самовозгорания.
13. Причины самовозгорания сульфидов металлов. Способы предупреждения самовозгорания сульфидов металлов.
14. Микробиологическое самовозгорание. Профилактика самовозгорания.
15. Самовозгорание химических веществ, при контакте с кислородом воздуха, режим их хранения.
16. Самовозгорание веществ при контакте с водой, способы их хранения.
17. Способы тушения щелочных металлов, карбидов и гидридов щелочных и щелочноземельных металлов.
18. Вещества, самовозгорающиеся при контакте с окислителями.
19. Факторы, влияющие на самовозгорание материалов.

Опорные термины по теме «Процессы воспламенения и самовоспламенения»: самовоспламенение, температура самовоспламенения, самовозгорание, йодное число, пирофорные вещества.

Перечень литературы и учебно-методических материалов для самостоятельной подготовки по теме

а) основная литература

1. Вогман Л.П. Теория горения и взрыва: учебник / Л.П. Вогман, Т.А. Мочалова, Н.А. Таратанов. – М.: КУРС, 2019. – 224 с.

б) дополнительная литература

2. Фролова Т.В. Теория горения и взрыва: практикум по специальности 20.02.04 «Пожарная безопасность» квалификация базовой подготовки «Техник». / Т.В. Фролова, Т.А. Мочалова, О.Е. Сторонкина – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2020. – 45 с.

3. Тотай А.В. Теория горения и взрыва: учебник и практикум для СПО / под общ. ред. А.В. Тотая, О.Г. Казакова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. Юрайт, 2019. – 255 с.

Тема. Горение газов, жидкостей и твердых материалов

Цель: изучить природу предельных условий воспламенения и распространения пламени горючих газовых смесей и материалов, характер изменения концентрационных пределов распространения пламени от различных параметров, понятия температуры вспышки и воспламенения, температурных пределов распространения пламени, методы их аналитического определения. Изучить механизм возникновения и распространения фронта пламени по газо-воздушной смеси, по поверхности газов, жидкостей и твердых веществ и факторы на них влияющие. Изучить понятие стационарного и нестационарного пламени, механизм возникновения и распространения пламени.

Методические рекомендации по изучению темы

В рамках данной темы предусмотрено проведение лекций, практических занятий и лабораторных работ.

1. Изучите данную тему с использованием материала лекций и учебной литературы.
2. Заучите определения основных понятий.
3. Обратите внимание на понятия концентрационных и температурных пределов распространения пламени. Проанализируйте влияние на них различных факторов.
4. Выучите классификацию жидкостей по температуре вспышки.
5. Разберитесь в механизмах горения пылевоздушных смесей. Обратите внимание на свойства, определяющие пожароопасность пылей.
6. Разберите методики решения основных типов задач по данной теме.

На уровне молекулярно-кинетической теории суть воспламенения реакционноспособных систем можно сформулировать как необходимость определенного числа эффективных соударений между молекулами окислителя и горючего, обеспечивающих достаточную эффективность выделения тепла. Это возможно только при определенном соотношении горючего и окислителя. Граничные соотношения этих компонентов носят название концентрационных пределов распространения пламени (воспламенения) и являются важнейшей характеристикой пожароопасных свойств газов, жидкостей и пылей. Соотношение горючего и окислителя определяет численные значения других показателей пожарной опасности, например, температуры самовоспламенения, температуры горения и др.

Концентрационные пределы зависят от давления, начальной температуры смеси, вида горючего материала, наличия примесей, мощности источника зажигания. Все эти обстоятельства необходимо учитывать в практической деятельности.

При изучении темы обратите внимание и на другие, не менее важные, способы выражения предельных условий воспламенения. Так, для жидкостей вводят понятие температурных пределов распространения пламени, для газовых смесей – пределов по давлению.

Пределы воспламенения веществ и материалов определяют расчетными и экспериментальными методами. Ознакомьтесь со стандартными методиками по ГОСТ - 12.1.044. - 89*.

Концентрационные пределы распространения пламени применяются в практике для классификации производств по степени их пожарной опасности, при расчете предельно допустимых концентраций паров и газов в помещениях при производстве огневых работ, для расчета взрывобезопасных режимов работ в среде, содержащей горючие газы и пары, а также в других целях.

Исходя из важности и распространенности этого показателя пожарной опасности, необходимо освоить методы расчета концентрационных и температурных пределов воспламенения.

Изучите закономерности распространения горения по различным веществам. При этом рекомендуется придерживаться следующей системы изучения:

а) Начните с изучения горения газообразных горючих веществ. Вспомните, что механизм распространения пламени и его характеристики были изучены на примере кинетического гомогенного горения. Распространение этого вида пламени определяется законами передачи тепла по механизму молекулярной теплопроводности и передачи вещества – диффузией. Поэтому скорость распространения пламени не зависит от того, находится смесь в покое или движется в ламинарном режиме.

В неподвижной горючей смеси при воспламенении фронт пламени перемещается в пространстве в сторону несгоревшей смеси, поэтому принято говорить о таком пламени как о движущемся. Если горючая смесь движется, например, вытекает из сопла горелки, то можно подобрать такой расход газовой смеси, что при поджигании возникшее пламя установится на срезе горелки, т.е. можно говорить о неподвижном, стационарном пламени, скорость распространения которого находится в динамическом равновесии со скоростью газового потока и направлена в противоположную сторону.

Механизм распространения пламени объясняют две теории: тепловая и диффузионная. Суть тепловой теории заключается в том, что пламя за счет передачи тепла распространяется по горючей смеси в сторону несгоревшего газа с определенной скоростью, называемой нормальной скоростью горения. Нормальная скорость распространения пламени является физической константой данной горючей смеси и зависит от природы горючего вещества, концентрации, теплофизических свойств смеси (теплопроводности, теплоемкости, температуропроводности и др.). При этом непременным условием для распространения пламени является соблюдение теплового и материального баланса в зоне горения.

При изучении диффузионного пламени целесообразно сравнивать все его параметры с кинетическим. Проанализируйте влияние конвективных потоков на структуру и параметры диффузионного пламени.

б) Горючие жидкости при нагреве интенсивно испаряются, над их поверхностью образуется паровоздушная смесь. Горение жидкости после воспламенения происходит в гомогенном режиме в диффузионной области. Обратите внимание на то, что в механизме воспламенения и горения жидкостей важное место занимает лучистый тепловой поток от факела пламени к поверхности жидкости. Изучите влияние конвективных потоков на массообмен, диффузию. Разберитесь в характеристиках горения жидкостей (массовой и линейной скорости выгорания). Проанализируйте их зависимость от различных факторов.

Объясните смысл таких характеристик, как температура вспышки, температура воспламенения, температурные пределы воспламенения.

Поскольку параметры горения обусловлены температурой жидкости, являются важными показателями пожарной опасности, необходимо знать методы определения температуры вспышки, температуры воспламенения, температурных пределов распространения пламени, их взаимосвязь с концентрационными пределами.

в) Горение твердых горючих веществ и материалов еще более сложно по своей природе, так как механизм горения определяется поведением твердых веществ и материалов при нагревании, их физическими свойствами, геометрией дисперсностью и т.д. Обратите внимание на то, что нелетучие металлы и уголь горят гетерогенно на поверхности раздела фаз. Изучите особенности теплообмена, скорости горения, показатели пожарной опасности.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение нижнему и верхнему концентрационным пределам распространения пламени, области воспламенения.
2. Раскройте влияние на область воспламенения мощности источника зажигания, турбулентности, температуры, давления смеси.
3. Проанализируйте влияние объема и диаметра сосуда, примесей негорючих газов на область воспламенения веществ.
4. Раскройте влияние дисперсности и адсорбционной способности пыли на ее пожароопасность.
5. Влияние химической активности и склонности к электризации на пожароопасность пыли. Способы электризации пыли.
6. Какие условия должны быть обеспечены для быстрого протекания реакции горения пыли?
7. В чем сходство и отличие горения пыли и горения газо-воздушных смесей?
8. Классификация пылей по пожароопасности.
9. В чем заключаются основные меры предупреждения пожаров и взрывов пылей в производственных условиях?
10. Какие факторы влияют на скорость распространения пламени при горении пыли?
11. Какой показатель лежит в основе классификации жидкостей по пожароопасности?

12. Температура вспышки бутанола равна 35°C . К какому разряду ЛВЖ он относится?
13. К какому разряду ЛВЖ относится этиловый спирт, если его температура вспышки равна 13°C ?
14. Может ли температура вспышки жидкости иметь отрицательное значение?
15. Какую температуру вспышки в закрытом тигле имеют горючие жидкости (ГЖ)?
16. Какое вещество принимается за «А» при расчете температуры вспышки смеси жидкостей?
17. Для чего следует знать и применять значение температуры вспышки, температуры воспламенения и температурных пределов распространения пламени?
18. Механизм распространения пламени в горючих газозоодушных смесях.
19. Изобразите схематично структуру фронта пламени, отметьте основные зоны.
20. Изобразите график изменения температуры и концентрации исходных компонентов во фронте пламени.
21. Нормальная скорость распространения пламени. Закон косинуса.
22. Охарактеризуйте влияние температуры, давления смеси, концентрации горючего и кислорода на нормальную скорость распространения пламени.
23. Структура диффузионного пламени на примере газового фонтана.
24. Факторы, влияющие на высоту диффузионного пламени.
25. Механизм возникновения и распространения пламени по поверхности жидкостей.
26. Факторы, влияющие на скорость распространения пламени по поверхности жидкости.
27. Скорости выгорания жидкости и условия на них влияющие.
28. В каком режиме могут гореть твердые горючие материалы? Приведите примеры.
29. Как влияют на параметры горения ориентация и размеры образца.
30. В чем состоят особенности горения полимерных материалов?

Опорные термины по теме «Горение газов, жидкостей и твердых материалов»:

Нижний/верхний концентрационный предел распространения пламени, минимальное взрывоопасное содержание кислорода, минимальная флегматизирующая концентрация флегматизатора, температура вспышки, температура воспламенения, температурные пределы распространения пламени, нормальная скорость распространения пламени, температура вспышки, температура воспламенения, температурные пределы распространения пламени, линейная скорость распространения пламени, массовая скорость распространения пламени

Перечень литературы и учебно-методических материалов для самостоятельной подготовки по теме

а) основная литература

1. Вогман Л.П. Теория горения и взрыва: учебник / Л.П. Вогман, Т.А. Мочалова, Н.А. Таратанов. – М.: КУРС, 2019. – 224 с.

б) дополнительная литература

2. Корольченко А.Я., Корольченко Д.А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник: в 2-х ч. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Асс. «Пожнаука», 2004.

3. Марков В.Ф. Физико-химические основы развития и тушения пожаров: Учебное пособие для курсантов, студентов и слушателей образовательных учреждений МЧС России / В.Ф. Марков, Л.Н. Маскаева, М.П. Миронов, С.Н. Пазникова, Екатеринбург: УрО РАН.2009. – 274 с.

4. Фролова Т.В. Методические указания для выполнения расчетно-графической работы по дисциплине «Теория горения и взрыва» для обучающихся по специальности 20.02.04 «Пожарная безопасность» / Т.В. Фролова, Т.А. Мочалова – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2020. – 22 с.

5. Тотай А.В. Теория горения и взрыва: учебник и практикум для СПО / под общ. ред. А.В. Тотая, О.Г. Казакова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. Юрайт, 2019. – 255 с.

Тема. Взрывы: типы взрывов, классификация взрывов

Цель: изучить классификацию взрывов по плотности вещества и типам химических реакций, раскрыть особенности распространения ударных волн в различных средах, изучить параметры взрыва. Сформировать навыки расчета давления и температуры взрыва при взрыве газозвушных смесей в закрытом объеме.

Методические рекомендации по изучению темы

В рамках данной темы предусмотрено проведение лекций и практических занятий.

С целью глубокой проработки материала, рассматриваемого в указанной теме обучающимся рекомендуется:

1. Изучить тему с использованием материала лекций и учебной литературы.
2. Заучить определения основных понятий.
3. Разобраться в классификации взрывов по типам химических реакций и по плотности вещества.
4. Проанализировать условия, благоприятствующие переходу горения во взрыв.
5. Разобраться в методиках решения основных типов задач по данной теме (расчет температуры и давления взрыва, расчет удельного тротилового эквивалента и параметров взрыва в проходящей и отраженной взрывной волне).

Взрыв – это процесс чрезвычайно быстрого физического или химического превращения вещества, сопровождающийся столь же быстрым превращением потенциальной энергии вещества в механическую работу. Самая существенная черта взрыва – внезапное и резкое повышение давления в среде, окружающей место взрыва. Обычный внешний признак взрыва – значительный звуковой эффект.

Примеры взрывов, вызванных физическими причинами, – это взрыв паровых котлов (перегрев пара или мгновенное испарение воды при подаче ее в перегретый котел; взрыв газовых баллонов при их нагреве). Эти взрывы, как правило, вызваны

превышением допустимого давления расчетной прочности стенок баллона или котла.

Далее будем рассматривать взрывы при химическом превращении веществ. Пример – взрыв черного (дымного) пороха при выстреле из охотничьего ружья. При этом происходит быстрая химическая реакция, в результате которой образуются газообразные и твердые продукты сгорания и выделяется теплота. Образовавшиеся газы, обладающие высокой температурой и давлением, совершают механическую работу по разгону пули до необходимой скорости.

Взрывчатыми веществами называются такие вещества, при химическом превращении которых происходят взрывы.

Взрыв может быть вызван следующими причинами:

- Нагревание.
- Удар.
- Трение.
- Детонация (передача энергии взрыва другого взрывчатого вещества).

Явление взрыва всегда характеризуется следующими факторами.

- Очень большая скорость химического превращения.
- Выделение газов.
- Выделение теплоты.

Только при наличии всех этих факторов будет происходить процесс взрывчатого превращения. Каждое из этих условий является необходимым, но недостаточным для того, чтобы та или иная химическая реакция могла быть отнесена к категории взрыва. Например, при горении термитной смеси выделяется теплота (нагрев продуктов реакции до 3000°C , реакция протекает очень быстро, но не выделяются газообразные продукты). Поэтому такая реакция не является взрывчатым превращением.

Наиболее характерным для взрыва является большая скорость химических превращений. Процесс взрыва длится в промежуток времени $\sim(10^{-2}-10^{-5})$ с. Например, боевой заряд в оружии среднего калибра сгорает за время ~ 0.008 с, шашка тола массой 400 г – за время $\sim 10^{-5}$ с. Только за счет такого быстрого превращения у взрывчатых веществ получается огромная по сравнению с другими источниками энергии мощность, хотя общие запасы энергии у них не больше, а в некоторых случаях даже меньше, чем у обычных горючих веществ. При взрыве взрывчатого вещества образуется большое количество газов, обладающих высокой температурой и давлением. Количество выделяющихся при взрыве газов определяется по объему, который они занимали бы при нормальных условиях, то есть при температуре $T = 0^{\circ}\text{C}$ и давлении $p = 760$ мм ртутного столба. Например, при взрыве 1 кг пироксилинового пороха в таких условиях выделяется 0.845 м^3 газов.

В зависимости от скорости взрывчатого превращения различают следующие его формы:

- Быстрое сгорание.
- Обыкновенный взрыв.
- Детонация.

При быстром сгорании процесс взрывчатого превращения протекает в массе взрывчатого вещества со скоростью порядка нескольких метров в секунду, а на сам

процесс большое влияние оказывают внешние условия. Если горение происходит на открытом воздухе, оно не сопровождается звуковым эффектом или механической работой разрушения или перемещения. Если горение происходит в замкнутом или полужамкнутом объеме, то процесс идет более энергично и сопровождается резким звуком. Для быстрого горения характерно относительно быстрое, но плавное нарастание давления газов (артиллерийский выстрел, газогенератор для вытеснения нефтяных пластов, пороховой газогенератор автомобильной подушки безопасности и т.д.).

При обыкновенном взрыве процесс превращения в массу взрывчатого вещества протекает со скоростями в несколько сотен метров в секунду. Обыкновенный взрыв характеризуется резким повышением давления в месте взрыва, ударом газов о преграду и разрушением (раскалыванием или дроблением) преграды, находящейся на небольшом расстоянии от места взрыва.

При детонации процесс превращения в массу взрывчатого вещества протекает с максимально возможной в данных условиях скоростью (обычно $5 \div 7$ километров в секунду). Детонация характеризуется особенно резким скачком давления, сильным ударом газов о преграду и большим ее разрушением. Примеры детонации – все виды взрывов взрывчатых веществ, вызванных детонатором (разрыв снаряда, мины, гранаты, подрывной шашки и т.д.).

Вопросы для самоконтроля

1. Классификация взрывов по типам химических реакций.
2. Классификация взрывов по плотности вещества.
3. Понятие взрывчатого вещества, условная классификация взрывчатых веществ.
4. Особенности горения взрывчатых веществ.
5. Изобразите график распределения давления в детонационной волне.
6. При каком соотношении теплоотвода и тепловыделения может произойти взрыв?
7. Понятие детонации, особенности детонационной волны по сравнению с дефлаграционным режимом горения.
8. Взрыв аэрозвесей твердых и жидких веществ.
9. Энергия и мощность взрыва. Тротиловый эквивалент.
10. Максимальное давление при взрыве, его практическое значение.

Опорные термины по теме «Типы взрывов, классификация взрывов»:

взрыв, ударная волна, источник инициирования взрыва, взрывчатое вещество, детонация.

Перечень литературы и учебно-методических материалов для самостоятельной подготовки по теме

а) основная литература

1. Вогман Л.П. Теория горения и взрыва: учебник / Л.П. Вогман, Т.А. Мочалова, Н.А. Таратанов. – М.: КУРС, 2019. – 224 с.

б) дополнительная литература

2. Тота́й А.В. Теория горения и взрыва: учебник и практикум для СПО / под общ. ред. А.В. Тотая, О.Г. Казакова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. Юрайт, 2019. – 255 с.

Тема. Оценка взрывопожарной и пожарной опасности веществ и материалов

Цель: изучить основные показатели пожарной опасности веществ и материалов и методику оценки пожарной опасности веществ.

Методические рекомендации по изучению темы

В рамках данной темы предусмотрено проведение практических занятий.

С целью глубокой проработки материала, рассматриваемого в указанной теме обучающимся рекомендуется:

1. Изучить тему с использованием материала лекций и учебной литературы.
2. Заучить определения основных понятий.
3. Разобраться в классификации веществ и материалов по агрегатному состоянию
4. Проанализировать показатели, характеризующие пожарную опасность газов, жидкостей, твердых веществ и пылей.
5. Разобраться в методиках решения основных типов задач по данной теме.

При изучении этой темы необходимо, в первую очередь, повторить понятие горючести веществ и материалов, их классификацию по способности к самостоятельному горению. Правильное определение группы горючести имеет большое значение, так как от него зависят затраты и надежность мер противопожарной защиты.

Следует понимать, что отсутствие единого показателя пожаровзрывоопасности веществ и материалов связано с необходимостью определять эти свойства на всех этапах процесса горения: воспламенения, горения и тушения для разных агрегатных состояний материалов и веществ.

Многие показатели пожаровзрывоопасности были всесторонне изучены в предшествующих темах курса, применительно к тем сторонам процесса горения, параметрами которого они являются (например, температура вспышки, температурные пределы распространения пламени, концентрационные пределы распространения пламени и др.).

Для оценки пожароопасных свойств веществ и материалов используют расчетные и экспериментальные методы, причем большинство расчетных методов носит характер эмпирических зависимостей, то есть являются приближенными. Например, определение температуры самовоспламенения по средней длине углеродной цепи в молекулах в пределах гомологического ряда, расчет концентрационных пределов распространения пламени.

Вопросы для самоконтроля

1. Для оценки пожарной опасности все вещества и материалы по агрегатному состоянию подразделяют на газы, жидкости, твердые вещества и пыли. Дайте определения газам, жидкостям, твердым веществам и пылям в соответствии с ГОСТ 12.1.044-89*.
2. Перечислите основные показатели пожарной опасности, которые характери-

зуют газы.

3. Перечислите основные показатели пожарной опасности, которые характеризуют жидкости.
4. Перечислите основные показатели пожарной опасности, которые характеризуют твердые вещества.
5. Перечислите основные показатели пожарной опасности, которые характеризуют пыли.
6. Охарактеризуйте основные этапы оценки пожарной опасности веществ.
7. Какие из методов оценки пожарной опасности предпочтительнее: экспериментальные или расчетные, почему?

Опорные термины по теме «Оценка взрывопожарной и пожарной опасности веществ и материалов»: пожарная опасность, показатели пожаровзрывоопасности, газы, жидкости, твердые вещества, пыли.

Перечень литературы и учебно-методических материалов для самостоятельной подготовки по теме

а) основная литература

1. Вогман Л.П. Теория горения и взрыва: учебник / Л.П. Вогман, Т.А. Мочалова, Н.А. Таратанов. – М.: КУРС, 2019. – 224 с.

б) дополнительная литература

2. Корольченко А.Я., Корольченко Д.А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник: в 2-х ч. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Асс. «Пожнаука», 2004.
3. Марков В.Ф. Физико-химические основы развития и тушения пожаров: Учебное пособие для курсантов, студентов и слушателей образовательных учреждений МЧС России / В.Ф. Марков, Л.Н. Маскаева, М.П. Миронов, С.Н. Пазникова, Екатеринбург: УрО РАН.2009. – 274 с.
4. Фролова Т.В. Методические указания для выполнения расчетно-графической работы по дисциплине «Теория горения и взрыва» для обучающихся по специальности 20.02.04 «Пожарная безопасность» / Т.В. Фролова, Т.А. Мочалова – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2020. – 22 с.
5. Мочалова Т.А. Физико-химические основы горения: учебное пособие / Т.А. Мочалова, Д.В. Батов, А.В. Петров, Н.А. Таратанов – Иваново: ООНИ ЭКО ИВИ ГПС МЧС России, 2014. – 170 с.
6. Тотай А.В. Теория горения и взрыва: учебник и практикум для СПО / под общ. ред. А.В. Тотая, О.Г. Казакова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. Юрайт, 2019. – 255 с.

в) нормативная литература

7. Федеральный Закон от 22.07.2008 №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

Тема. Прекращение и предотвращение процессов горения

Цель: изучить природу предельных явлений при горении, основные положения тепловой теории потухания, способы понижения температуры в зоне горения, механизм прекращения горения огнетушащими веществами с точки зрения тепловой теории потухания.

Методические рекомендации по изучению темы

В рамках данной темы предусмотрено проведение практических занятий и лабораторных работ.

С целью глубокой проработки материала, рассматриваемого в указанной теме обучающимся рекомендуется:

1. Изучите тему с использованием материала лекций и учебной литературы.
2. Заучите определения основных понятий.

3. Прежде чем изучать механизм действия огнетушащих средств необходимо познакомиться с теорией, объясняющей механизм прекращения горения. Процесс горения возникает и протекает только при определенных условиях: наличии горючего, окислителя, источника зажигания. Область, в которой возникает и протекает воспламенение и горение, имеет границы (НКПР и ВКПР). Скорость распространения пламени имеет пределы по давлению, концентрации и т.д. Затухание пламени на пределах происходит при нарушении условий тепловыделения и теплоотвода. Например, уменьшение скорости тепловыделения при снижении концентрации одного из реагирующих веществ происходит за счет понижения скорости реакции, которая, в свою очередь, является функцией температуры.

Таким образом, при снижении температуры в пламени до определенных значений, обязательное нарушение теплового баланса приводит к прогрессирующему охлаждению горящего объема (зоны горения), так как воспроизводство тепла при малой скорости реакции недостаточно для сохранения теплового баланса в зоне реакции горения. В этом, собственно, и состоит механизм явления прекращения горения.

Знание предельных условий горения необходимо для эффективной борьбы с пожарами. Для лучшего запоминания величин предельных условий горения их удобно записать в виде схемы:

4. Обратите внимание, что при установившемся горении потухание связано с понижением температуры пламени, которое можно достигнуть за счет изменения условий теплоотвода или тепловыделения, что в практике осуществляется за счет применения различных средств и приемов тушения. Особо следует подчеркнуть, что именно температура является главным критерием, с помощью которого в самом общем виде можно количественно охарактеризовать процесс затухания пламени.

5. Изучите тепловую теорию потухания пламени, разработанную Я.Б. Зельдовичем. Обратите внимание, что за характеристику прекращения горения принята температура пламени, названная температурой потухания ($T_{\text{п}}$), при которой пламя перестает распространяться по горючей смеси. К установлению численного значения этой величины можно подойти, исследуя зависимости тепло- и массообмена между фронтом пламени и окружающим объемом. Усните, что достижение температуры потухания осуществляется путем уменьшения скорости тепловыделения и

увеличения скорости теплоотвода. Изучите все возможные способы снижения тепловыделения и увеличения теплоотвода. Для наглядности эти процессы удобно представить в виде схемы.

6. Приступая к изучению механизма действия огнетушащих веществ, необходимо вспомнить об особенностях горения различных материалов в зависимости от их агрегатного состояния. Это обусловлено тем, что огнетушащие средства действуют на процесс прекращения горения по различному механизму, что влияет на эффективность их действия в зависимости от режима горения и способа подачи огнетушащего состава.

7. Изучите механизмы действия средств тушения. Обратите внимание на то, что, как правило, огнегасительные средства обладают комбинированным воздействием на процесс горения, но в итоге при их использовании тепловой баланс смещается в сторону превышения теплоотвода над тепловыделением. Для любого средства тушения характерны чаще всего один – два доминирующих механизма. Следует помнить, что преимущественный механизм может изменяться в зависимости от того, подается ли огнетушащее средство в зону горения или на горящий материал. Во всех случаях стремятся к снижению температуры пламени ниже температуры потухания.

8. При изучении основных видов огнетушащих средств (вода, пены, порошки, негорючие газы) учебный материал целесообразно разбить на следующие блоки: механизм огнетушащего действия (преимущественный и сопутствующие), положительные стороны использования, отрицательные моменты при использовании огнетушащего средства.

9. Для лучшего запоминания классификаций огнетушащих средств их необходимо изобразить в виде схемы.

Вопросы для самоконтроля

1. Сформулируйте необходимые и достаточные условия возникновения и протекания процесса горения.
2. Укажите граничные условия распространения пламени.
3. Объясните, почему пламя не распространяется при скоростях ниже предельной скорости распространения?
4. Что такое температура потухания?
5. Изложите суть тепловой теории потухания по Я.Б.Зельдовичу.
6. Назовите примерное численное значение температуры потухания.
7. Изложите способы снижения температуры горения до температуры потухания.
8. Объясните механизм огнетушащего действия холодной стенки, где на практике это явление используется?
9. Каким способом можно добиться снижения тепловыделения при горении?
10. Объясните необходимость овладения теорией потухания для инженера пожарной безопасности.
11. Назовите известные вам средства тушения, применяемые в практике, каковы механизмы их действия на процесс горения?

12. В чем состоят особенности тушения водой твердых горючих материалов, жидкостей, газов?
13. Дайте классификацию огнетушащих средств по агрегатному состоянию.
14. Приведите классификация огнетушащих средств по доминирующему механизму прекращения горения.
15. Достоинства и недостатки воды как огнетушащего средства. В каких случаях нельзя применять воду для тушения?
16. Механизм прекращения горения водой.
17. Способы подачи воды для тушения пожаров.
18. Пены: определение, способы получения.
19. Классификация ПАВ по способу диссоциации в воде.
20. Классификация ПАВ по физическому воздействию на поверхность раздела фаз.
21. Классификация пенообразователей.
22. Структура пены. Изменение структуры пены при ее старении.
23. Кратность пены. Классификация пен по их кратности.
24. Дисперсность пены. Взаимосвязь кратности и дисперсности пены.
25. Стойкость пены, ее показатели.
26. Вязкость и электропроводность пен.
27. Механизм разрушения пены.
28. Механизм прекращения горения пеной. Основные процессы.
29. Достоинства и отрицательные свойства порошковых огнетушащих средств.
30. Механизм прекращения горения порошковыми огнетушащими средствами.
31. Состав и способы подачи порошковых огнетушащих средств для тушения пожаров.
32. Достоинства и недостатки химически активных ингибиторов, как огнетушащих средств.
33. Механизм прекращения горения химически активными ингибиторами.
34. Состав и способы подачи химически активных ингибиторов для тушения пожаров.
35. Применение инертных газов в качестве огнетушащих средств.

Опорные термины: огнетушащие средства, интенсивность подачи ОС, коэффициент использования огнетушащего средства.

Перечень литературы и учебно-методических материалов для самостоятельной подготовки по теме

а) основная литература

1. Вогман Л.П. Теория горения и взрыва: учебник / Л.П. Вогман, Т.А. Мочалова, Н.А. Таратанов. – М.: КУРС, 2019. – 224 с.

б) дополнительная литература

2. Корольченко А.Я., Корольченко Д.А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник: в 2-х ч. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Асс. «Пожнаука», 2004.

3. Марков В.Ф. Физико-химические основы развития и тушения пожаров: Учебное пособие для курсантов, студентов и слушателей образовательных учреждений МЧС России / В.Ф. Марков, Л.Н. Маскаева, М.П. Миронов, С.Н. Пазникова, Екатеринбург: УрО РАН.2009. – 274 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Психолог советует: не бойтесь приближения экзамена/зачета. Рассматривайте экзамен/зачет как возможность показать обширность своих знаний и получить вознаграждение за проделанную работу. Отведите себе время с запасом, особенно для дел, которые надо выполнить перед экзаменом, и приходите на экзамен незадолго до его начала. Не старайтесь повторить весь материал в последнюю минуту.

Универсальных методов для подготовки к экзамену/зачету не существует, поэтому важно выбрать наиболее приемлемый для Вас. Приведенные ниже правила можно рассматривать в качестве общего руководства.

1. Предусмотрите как можно больше времени для подготовки. Если Вы оставляете основную работу на последний момент, это снижает Ваши шансы на успех. Развивается состояние стресса, снижается способность к концентрации.
2. Составьте расписание занятий. Спланировать подготовку к экзаменам нужно за несколько недель до их начала (лучше всего - в начале семестра). Твердо следуйте намеченному плану.
3. Отдыхайте. Усердная подготовка – очень тяжелая работа. Важно время от времени давать себе возможность расслабиться. Предусмотрите в своем расписании время на отдых.
4. Делайте перерывы. После часа занятий сделайте 15 -20-минутный перерыв и с новыми силами возвращайтесь к продуктивной работе.
5. Контролируйте степень готовности. Используйте список вопросов к экзамену, чтобы отслеживать степень усвоения материала. Отмечайте уже проработанные вопросы. Сконцентрируйте свое внимание на тех вопросах, которые Вы знаете хуже.
6. Делайте краткие записи. Часто подготовка оказывается не очень эффективной, если Вы просто читаете материал. Делайте краткие записи, отмечая ключевые мысли. Старайтесь не просто запомнить факты, а понять стоящие за ними идеи.
7. Тренируйтесь отвечать на вопросы. Проработав каждую тему, попробуйте ответить на проверочные вопросы. Некоторые из них приведены в разделе «Контрольные вопросы» после каждой темы. Вначале Вам, возможно, потребуется заглядывать в книгу или конспект, но к концу подготовки Вы сможете отвечать на вопросы самостоятельно, как на экзамене. Старайтесь проговаривать ответы на вопросы вслух, это способствует более глубокому усвоению материала и является хорошей тренировкой перед экзаменом.

Критерии оценки устного ответа

1. Соответствие ответа поставленному вопросу.
2. Полнота ответа, глубина знаний.
3. Владение терминологией, отчетливость и точность формулировки понятий.
4. Логичность изложения материала.
5. Аргументированность ответа (присутствие и доказательность примеров).
6. Использование знаний из других учебных дисциплин и дополнительного материала.
7. Культура речи.

8. Правильность решения и оформления задачи.

Оценка за устный ответ на экзамене выставляется в следующем порядке:

«Отлично» - если обучающийся глубоко и прочно усвоил весь программный материал, исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно его излагает, тесно увязывает с задачами и деятельностью МЧС, не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с задачами и практическими заданиями, правильно обосновывает принятые решения, умеет самостоятельно обобщать материал, не допускает ошибок;

«Хорошо» - если обучающийся твердо знает программный материал, грамотно и по существу излагает его, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, может правильно применять теоретические положения и владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических заданий;

«Удовлетворительно» - если обучающийся усвоил только основной материал, но не знает отдельных деталей, допускает неточности, не совсем правильные формулировки, нарушает последовательность в изложении программного материала и испытывает затруднения в выполнении практических заданий;

«Неудовлетворительно» - если обучающийся не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, с большим затруднением выполняет практические задания, задачи.

Словарь терминов по дисциплине «Теория горения и взрыва»

- 1) **Горение** – экзотермическая реакция окисления вещества сопровождающаяся, по крайней мере, одним из трёх факторов: пламенем, свечением, выделением дыма.
- 2) **Горение** – быстропротекающий, окислительно-восстановительный, экзотермический, самоподдерживающийся процесс, часто сопровождающийся образованием пламени.
- 3) **Гомогенное горение** – процесс взаимодействия горючего и окислителя, находящихся в зоне химической реакции в одинаковом агрегатном состоянии.
- 4) **Гетерогенное горение** – процесс взаимодействия горючего и окислителя, находящихся в различных агрегатных состояниях, горение происходит на поверхности раздела фаз.
- 5) **Кинетическое горение** – процесс горения гомогенной однородной (предварительно перемешанной) горючей смеси.
- 6) **Диффузионное горение** – процесс горения неоднородной (предварительно не перемешанной) горючей смеси, в котором существенную роль играют процессы диффузии окислителя к фронту пламени.
- 7) **Ламинарное горение** – процесс, при котором массообмен и перенос тепла происходят путем молекулярной диффузии и возникающих конвективных потоков окислителя и горючего вещества к зоне химической реакции. При этом наблюдается спокойное, безвихревое пламя устойчивой геометрической формы.
- 8) **Турбулентное горение** – 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.
- 9) **Дефлаграционное горение** – горение, при котором передача тепловой энергии к свежей горючей смеси осуществляется за счет излучения и теплопроводности (скорость движения тепловой волны по горючей смеси от 0,5 до 50 м/с).
- 10) **Детонационное горение** – горение, при котором передача тепловой энергии к свежей горючей смеси осуществляется за счет быстрого сжатия, достаточно интенсивного, чтобы довести реагирующую среду до состояния адиабатического воспламенения (без теплообмена с окружающей средой). Скорость движения тепловой волны по горючей смеси более 50 м/с (до 2000 м/с).
- 11) При **полном сгорании** веществ, образуются продукты, не способные к дальнейшему взаимодействию (CO_2 , H_2O , HCl).
- 12) При **неполном сгорании** образуются продукты, способные к дальнейшему горению (CO , HCN , NH_3).
- 13) **Пламя** – это газовый объём, в котором непосредственно происходит реакция горения.
- 14) Наиболее высокотемпературная поверхность пламени, где протекают окислительно-восстановительные процессы, называется реакционной зоной или **фронтом пламени**.
- 15) **Фронт пламени** – это узкая зона, в которой происходит подогрев горючей среды и протекает химическая реакция.
- 16) **Взрыв** – быстрое превращение вещества (взрывчатое горение), сопровождающееся выделением энергии и образованием сжатых газов, способных производить

работу.

17) **Энергия активации** – минимальная энергия реагентов, достаточная для того, чтобы они вступили в химическую реакцию, то есть преодолели барьер на поверхности потенциальной энергии, через который должна пройти система в ходе элементарного акта химического превращения.

18) **Источник инициирования взрыва** – источник, обладающий запасом энергии или температуры, достаточным для инициирования взрыва взрывоопасной среды производственного процесса.

19) **Негорючие** – вещества и материалы, не способные к горению в воздухе.

20) **Трудногорючие** – вещества и материалы, способные к горению в воздухе при воздействии источника зажигания, но не способные самостоятельно гореть после его удаления.

21) **Горючие** – вещества и материалы, способные самовозгораться, а также возгораться при воздействии источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления.

22) **Коэффициент избытка воздуха** показывает во сколько раз больше поступает в зону горения воздуха, чем теоретически необходимо для полного сгорания вещества.

23) **Закон Г. И. Гесса:** тепловой эффект реакции при постоянных давлении или объёме зависит только от природы, состояния реагентов и продуктов реакции и не зависит от пути её протекания.

24) **Теплотой образования** называется тепловой эффект химической реакции образования данного соединения из простых веществ, отвечающих наиболее устойчивому состоянию простого вещества при стандартных условиях.

25) **Теплотой сгорания** называется тепловой эффект химической реакции взаимодействия горючего вещества с кислородом с образованием продуктов полного окисления.

26) **Следствие из закона Гесса:** тепловой эффект реакции равен разности между суммой теплот образования продуктов реакции и суммой теплот образования реагентов с учётом их стехиометрических коэффициентов.

27) Максимальная температура, до которой нагреваются продукты горения, называется **температурой горения**.

28) Под **калориметрической температурой горения** понимается температура, до которой нагреваются продукты горения при условии: начальная температура 273.15 К; коэффициент избытка воздуха 1; всё выделяющееся при горении тепло идёт на нагрев продуктов горения.

29) Под **действительной температурой горения** понимают температуру, до которой нагреваются продукты горения в реальных условиях с учетом состава горючей смеси и теплопотерь.

30) **Самовоспламенение** - резкое увеличение скорости экзотермических объемных реакций, сопровождающееся пламенным горением или взрывом.

31) Условием теплового самовоспламенения является превышение скорости выделения тепла над скоростью теплоотвода.

32) Условием цепного самовоспламенения является превышение в системах числа разветвляющихся цепей над числом обрывающихся цепей.

- 33) **Температура самовоспламенения ($T_{\text{св}}$)** – самая низкая температура вещества, при которой в условиях специальных испытаний происходит резкое увеличение скорости экзотермических реакций, заканчивающееся пламенным горением.
- 34) **Самовозгорание** - процесс резкого увеличения скорости экзотермических процессов в веществе, приводящее к возникновению очага горения.
- 35) **Температурой самонагрева** называется самая низкая температура вещества (материала, смеси), при которой возникает его самонагревание, обусловленное происходящими в них химическими и физическими экзотермическими процессами (окисления, разложения, замещения, адсорбции и др.).
- 36) Вещества, имеющие температуру самонагрева ниже 50°C , называются **пирофорными**.
- 37) **Тепловым** называют **самовозгорание**, вызванное самонагреванием, возникшим под воздействием внешнего нагрева вещества (материала, смеси) выше температуры самонагрева.
- 38) **Микробиологическое самовозгорание** - это самовозгорание в результате самонагрева, возникшего под воздействием жизнедеятельности микроорганизмов в массе вещества (материала, смеси).
- 39) **Химическое самовозгорание** - самовозгорание, возникающее в результате химического взаимодействия.
- 40) **Йодное число** – количество грамм йода, поглощенных ста граммами масла.
- 41) **Нижним (верхним) концентрационным пределом распространения пламени** называется - минимальное (максимальное) содержание горючего вещества в однородной смеси с окислительной средой, при котором возможно распространение пламени по смеси на любое расстояние от источника зажигания.
- 42) **Минимальное взрывоопасное содержание кислорода** - концентрация кислорода в горючей смеси, состоящей из горючего вещества, воздуха и флегматизатора, меньше которой распространения пламени по смеси становится невозможным при любой концентрации горючего в смеси, разбавленной данным флегматизатором.
- 43) **Минимальная флегматизирующая концентрация флегматизатора** - наименьшая концентрация флегматизатора в смеси с горючим и окислителем, при которой смесь становится неспособной к распространению пламени при любом соотношении горючего и окислителя.
- 44) **Температура вспышки** - наименьшая температура конденсированного вещества, при которой в условиях специальных испытаний над его поверхностью образуются пары, способные вспыхивать в воздухе от источника зажигания; устойчивое горение при этом не возникает.
- 45) **Температура воспламенения** - наименьшая температура вещества, при которой в условиях специальных испытаний вещество выделяет горючие пары или газы с такой скоростью, что при воздействии на них источника зажигания наблюдается воспламенение.
- 46) **Температурные пределы распространения пламени** – такие температуры вещества, при которых его насыщенный пар образует в окислительной среде концентрации, равные соответственно нижнему (НТП) и верхнему (ВТП) концентрационным пределам распространения пламени.

- 47) **Детонация** – разновидность процесса взрыва, в ходе которого возникает мощная, самоподдерживающаяся, сверхзвуковая ударная волна, сжимающая вещество до такой степени, что в месте её прохождения мгновенно начинается химическая реакция, сопровождаемая выделением значительного количества энергии.
- 48) **Ударная волна** представляет собой границу скачкообразного перехода состояния вещества от исходного к сжатому.
- 49) **Тротиловый эквивалент** - это масса в кг ТНТ (тринитротолуола), которая вызовет эквивалентное разрушение на таком же расстоянии от центра взрыва.
- 50) **Максимальным давлением взрыва** называется наибольшее избыточное давление, возникающее при дефлаграционном сгорании газовоздушных смесей в замкнутом сосуде при начальном давлении смеси 101,3 кПа.
- 51) **Нормальная скорость распространения пламени** - это скорость распространения фронта пламени относительно свежей смеси в направлении по нормали к его поверхности.
- 52) **Массовая скорость распространения пламени** (массовая скорость горения) показывает массу вещества, сгорающую в единицу времени с единицы поверхности фронта пламени.
- 53) **К газам** относят вещества, критическая температура которых ниже 50 °С или давление насыщенного пара при температуре 50 °С составляет не менее 300 кПа.
- 54) **К жидкостям** относят вещества с температурой плавления (каплепадения) не выше 50 °С.
- 55) **К твердым веществам** относят вещества с температурой плавления (каплепадения), превышающей 50 °С.
- 56) **Пыли** – диспергированные твердые вещества и материалы с частицами размером менее 850 мкм.
- 57) **Огнетушащие средства (ОС)** - различные вещества и материалы, с помощью которых можно непосредственно создавать условия прекращения горения.
- 58) **Интенсивность подачи ОС** – это количество ОС, подаваемое в единицу времени на расчетный параметр тушения пожара.
- 59) **Коэффициент использования огнетушащего средства** в процессе тушения ($K_{и}$) - это отношение количества огнетушащего средства, фактически участвующего в механизме прекращения процессов горения в факеле пламени к общему количеству огнетушащего средства, поданного на тушение.