

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Кафедра «Риск и БЖД»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.Б.07 Теория горения и взрыва

Направление подготовки (специальность) 20.03.01 «Техносферная безопасность»

Профиль образовательной программы «Безопасность жизнедеятельности в техносфере»

Форма обучения очная

СОДЕРЖАНИЕ

1. Конспект лекций.....	4
1.1 Лекция № 1 Основные явления, протекающие на пожаре.....	4
1.2 Лекция № 2 Общие сведения о природе горения. Основные параметры процессов горения, виды и режимы горения	5
1.3 Лекция № 3 Материальный и тепловой баланс процессов горения	6
1.4 Лекция № 4 Оценка горючести веществ и материалов.....	7
1.5 Лекция № 5 Теории горения: тепловая, цепная, диффузионная. Самовоспламенение и самовозгорание горючих систем.....	9
1.6 Лекция № 6 Вынужденное воспламенение горючей смеси.....	10
1.7 Лекция № 7 Горение жидкостей.....	12
1.8 Лекция № 8 Горение газов.....	14
1.9 Лекция № 9 Горение твердых веществ.....	15
1.10 Лекция № 10 Предельные явления в горении и тепловая теория потухания пламени.....	16
1.11 Лекция № 11 Взрыв. Характерные особенности возникновения и развития.....	17
 2. Методические указания по выполнению лабораторных работ.....	19
2.1 Лабораторная работа № ЛР-1 Метод экспериментального определения температуры вспышки жидкостей в открытом тигле	19
2.1 Лабораторная работа № ЛР-2 Определение воспламеняемости постельных принадлежностей	20
2.2 Лабораторная работа № ЛР-3 Определение воспламеняемости элементов мягкой мебели.....	22
2.3 Лабораторная работа № ЛР-4 Определение скорости распространения пламени по поверхности твердых горючих материалов.....	23
2.4 Лабораторная работа № ЛР-5 Метод испытания электротехнических изделий на пожароопасность	24
 3 Методические указания по проведению практических занятий.....	25
3.1 Практическое занятие № ПЗ-1 Материальный и тепловой баланс процессов горения.....	25

3.2 Практическое занятие № ПЗ-2 Самовоспламенение и самовозгорание горючих систем.....	25
3.3 Практическое занятие № ПЗ-3 Вынужденное воспламенение горючей системы.....	25
3.4 Практическое занятие № ПЗ-4 Горение жидкостей.....	25
4 Методические указания по проведению семинарских занятий (не предусмотрено рабочей программой дисциплины).....	25

1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

1. Лекция № 1 (интерактивная форма 2 ч).

Тема : Основные явления, протекающие на пожаре

1.1.1 Вопросы лекции:

1. Основные явления, сопровождающие пожар.
2. Основные факторы, характеризующие возможное развитие процесса горения на пожаре.
3. Газовый обмен на пожаре.

1.1.2 Краткое содержание вопросов:

1 Основные явления, сопровождающие пожар

Интерес к горению связан с постоянным желанием человека использовать энергию, выделяющуюся при этом процессе в печах, топочных устройствах, реактивных двигателях, т. е. изучать явления организованного горения.

Особенно большие успехи были достигнуты при исследовании явления горения в двигателях внутреннего сгорания и реактивных двигателях, взрывчатых веществах, составах и других энергосистемах.

Для оценки пожароопасных свойств веществ и материалов используют расчетные и экспериментальные методы. Большинство расчетных методов являются приближенными, носят характер эмпирических зависимостей. Таким примером являются формулы для определения температуры самовоспламенения по средней длине углеродной цепи, концентрационный пределов распространения пламени и другие.

2 Основные факторы, характеризующие возможное развитие процесса горения на пожаре

В науку горения большой вклад внесен работами российских ученых: М.В. Ломоносова, А.В. Михельсона, Н.Н. Семенова, Я.Б. Зельдовича, Б.В. Конторовича, Д.А. Франк-Каменецкого, Г.Ф. Кнорре, О.М. Тодеса, К.И. Щелкина, Л.Н. Хитрина, Л.А. Вулиса, В.И. Блинова, А.М. Люльки, В.П. Глушкова, Е.С. Щетинкова, А.С. Соколика и многих других. Рост объемов производства, а также неуклонный рост числа пожаров повысил интерес к проблемам неорганизованного горения. Пожары стали рассматривать как комплекс взаимосвязанных процессов и явлений.

Начались разработки новых огнетушащих веществ, новых способов применения уже существующих.

Борьба с пожарами, а значит и развитие науки о пожарах в целом, в том числе и изучение процессов горения на пожаре, стали очень важной задачей современного общества.

Слишком велик экономический и моральный ущерб, наносимый пожарами в современном мире.

3 Газовый обмен на пожаре

В основе процессов горения лежат химические реакции молекул горючего и окислителя. Необходимо представлять, что в химических процессах прежде чем образуются новые молекулы, разрушаются старые. Энергия, необходимая для разрыва связей в молекулах горючего и окислителя, называется энергией активации. Разрушение или ослабление химических связей в молекулах происходит под действием теплового движения атомов. Чем выше температура, тем выше доля активных молекул, тем эффективнее соударения и больше их число. Для реакции горения, как и для многих других химических реакций, справедливо положение: повышение температуры на 10°C приводит к увеличению ее скорости в два раза (закон Аррениуса). Кроме того, скорость реакции согласно закону

действующих масс увеличивается с возрастанием концентрации реагентов. Скорость горения максимальна при стехиометрическом составе смеси - когда отношение реагентов соответствует коэффициентам в уравнении реакции.

Процесс горения как одна из форм химического взаимодействия атомов и молекул может быть по-настоящему понятен только на основе изучения молекулярно-кинетической теории строения материи.

2. Лекция № 2 (интерактивная форма 2 ч).

Тема : Общие сведения о природе горения. Основные параметры процессов горения, виды и режимы горения

1.2.1 Вопросы лекции:

1. Определение процессов горения.
2. Процесс горения с позиций молекулярно-кинетической теории газов.
3. Виды и режимы горения.

1.2.2 Краткое содержание вопросов:

- 1 Определение процессов горения.

Горению как химической реакции, идущей с большим выделением тепла, соответствует ряд физических явлений. Например, происходит перенос тепла реагирующих веществ и продуктов горения теплопроводностью за счет молекулярной и турбулентной диффузии. Тепломассообмен также осуществляется за счет конвекции. Лучистая теплопередача также способствует теплообмену. Все перечисленные процессы взаимосвязаны. Скорость химической реакции горения определяется процессами теплопередачи, взаимной диффузией горючего, окислителя, продуктов горения. В свою очередь, температура, скорость горения зависят от интенсивности химической реакции. Важная особенность явления горения - способность к пространственному распространению (лесные и степные пожары).

2 Процесс горения с позиций молекулярно-кинетической теории газов.

Законами химической кинетики строго можно описать лишь один вид горения - гомогенное, кинетическое, когда горючее и окислитель находится в одной фазе и предварительно перемешаны. В этом случае скорость химической реакции зависит только от природы реагирующих веществ, концентрации и температуры смеси. Кроме того, интенсивность процесса горения зависит от характера передачи вещества и тепла в зону реакции, т.е. от движения газа, пара, воздуха, диффузии и теплопроводности. Поэтому степень подготовленности и газодинамические условия горючей смеси определяют все параметры горения на пожаре. Различают диффузионное и кинетическое горение, гомогенное и гетерогенное, ламинарное и турбулентное. Степень турбулизации газового потока определяется числом Рейнольдса, плотностью среды, скоростью потока. При значениях $Re < Re_{кр} = 2300$ движение носит ламинарный характер, при более высоких числах ($Re > 10\,000$) - турбулентный.

В горении физические процессы и условия являются доминирующими и определяют вид горения, его параметры, но в основе горения лежит химическое превращение горючего и окислителя в продукты горения. На пожаре чаще всего наблюдается турбулентное, диффузионное, гомогенное горение.

3 Виды и режимы горения

Показатели пожаро- и взрывоопасных свойств материалов определяют на всех стадиях процесса горения: воспламенения, горения и тушения с учетом их агрегатного состояния. По мере изучения материала курса они будут рассмотрены подробно. Так, например, температура вспышки и температурные пределы воспламенения изучаются при горении жидкостей, температура самовоспламенения при рассмотрении механизма этого явления и т.д.

Для оценки пожароопасных свойств веществ и материалов используют расчетные и экспериментальные методы. Большинство расчетных методов являются приближенными, носят характер эмпирических зависимостей. Таким примером являются формулы для определения температуры самовоспламенения по средней длине углеродной цепи, концентрационный пределов распространения пламени и другие.

При изучении дисциплины «Теоретические основы процессов горения и взрыва» необходимо четко представлять себе, что процесс горения на пожаре является главным, но не единственным. Пожар представляет собой комплекс взаимосвязанных процессов горения, теплообмена и газообмена, которые служат причиной таких вторичных явлений, как задымление, объемная вспышка, взрывы, обрушения и т.д. При анализе пожара его принято разбивать на три зоны: горения, теплового воздействия и задымления. Каждая из них имеет свои особенности и характеристики, зависящие от вида пожара. По характеру тепло- и газообмена пожары делят на два вида: открытые и внутренние. Открытыми называются пожары, в которых присутствует газообмен только зоны горения с окружающей средой. Это пожары, протекающие на открытом пространстве. Внутренними называются пожары, протекающие в помещениях. В этих случаях при анализе пожара приходится учитывать также процессы тепло- и газообмена зоны горения с ограждающими конструкциями и помещения с внешней средой.

3. Лекция № 3 (интерактивная форма 2 ч).

Тема : Материальный и тепловой баланс процессов горения

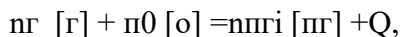
1.3.1 Вопросы лекции:

1. Материальный баланс процессов горения.
2. Воздух, необходимый для горения веществ и материалов.
3. Объем и состав продуктов горения веществ и материалов.
4. Тепловой баланс процессов горения.

1.3.2 Краткое содержание вопросов:

- 1 Материальный баланс процессов горения.

Обобщенная запись брутто-уравнения материального и теплового баланса реакции горения имеет вид:



где $n_{\text{Г}}$, $n_{\text{О}}$, $n_{\text{ПГ}}$ - стехиометрические коэффициенты при соответствующих веществах ($[\text{Г}]$ - горючее, $[\text{О}]$ - окислитель, $[\text{ПГ}]$ - продукты горения); Q - тепловой эффект химической реакции.

Для составления материального баланса процессов горения используют уравнения элементарных реакций окисления элементов, входящих в состав горючего, выражен в массовых процентах каждого химического элемента на единицу массы горючего.

Для индивидуальных соединений запись уравнения материального баланса осуществляется сразу, но принцип остается тот же.

Для смесей горючих газов записывают уравнение материального баланса каждого газа.

Во время горения реакции между горючим, продуктами его термического разложения протекают в объеме пламени - в зоне горения.

2 Воздух, необходимый для горения веществ и материалов.

Минимальное (теоретическое) количество воздуха, необходимое для полного сжигания 1 кг твердого или жидкого горючего материала или 1 м³ горючего газа, - называется теоретическим количеством воздуха и обозначается V_{ov} . Действительное количество воздуха $V_{прВ}$ является произведением коэффициента избытка воздуха α и теоретического количества воздуха V_{ov} .

Коэффициент избытка воздуха α показывает, во сколько раз объем воздуха, поступивший на горение, больше теоретического объема воздуха, необходимого для полного сгорания единицы количества вещества в стехиометрической смеси. Объем продуктов горения, образующихся при сжигании единицы горючего (1 кг, 1 м³, 1 кмоль) в теоретическом количестве воздуха, равен:

$$V_{пго} = V_{RO_2} + V_{N_2o} + V_{H_2O},$$

где V_{RO_2} - объем продуктов полного окисления i -ых химических элементов в горючем веществе, горючем веществе, м³/кг, м³/м³ гор. газа, м³/кмоль, кмоль/кмоль; V_{N_2o} - объем азота; V_{H_2O} - объем паров воды.

3 Объем и состав продуктов горения веществ и материалов.

Полный, действительный объем продуктов горения находится с учетом избытка воздуха ($\alpha > 1$):

$$V_{пг} = V_{пго} + (\alpha - 1) V_{ov}.$$

Расчет ведется на 1 кг (1 кмоль, 1 м³) твердого, жидкого или газообразного горючего.

4 Тепловой баланс процессов горения.

Тепловой баланс процесса горения составляется и рассчитывается для определения температуры горения.

Адиабатной температурой горения называется температура, до которой нагреваются продукты горения, когда все тепло, выделившееся при горении, идет на их нагрев.

Действительная температура горения всегда ниже адиабатной, так как часть тепла теряется на излучение.

Температура горения не зависит от количества сгоревшего материала, так как количество тепла на единицу объема продуктов горения остается постоянным. Температура горения на пожаре зависит от скорости, полноты горения, величины избытка воздуха, температуры горючего материала и воздуха.

Теплота сгорания, используемая в расчетах температуры горения, - количество тепла, выделяемое при полном сгорании единицы количества горючего материала..

Различают низшую Q_H и высшую Q_t теплоту сгорания. Высшая теплота сгорания включает теплоту конденсации водяных паров, содержащихся в продуктах горения.

4. Лекция № 4 (интерактивная форма 2 ч).

Тема : Оценка горючести веществ и материалов

1.4.1 Вопросы лекции:

1. Понятие пожарной опасности веществ и материалов.
2. Классификация веществ и материалов по горючести.

3. Методы определения группы горючести.

1.4.2 Краткое содержание вопросов:

1 Понятие пожарной опасности веществ и материалов.

Большинство пожаров возникают при действии на горючую смесь постороннего источника тепла: накаливаемого тела, электрической искры, пламени. Например, неисправность электрооборудования в цехе может привести к искрению проводов, их перегреву, а если это происходит в горючей среде, то возможно ее воспламенение. Таким образом, воспламенение и горение чаще происходит не в результате самовозгорания и самовоспламенения, а при действии постороннего источника тепла. Этот процесс можно назвать вынужденным воспламенением.

Главным условием любого вида воспламенения горючей смеси остается превышение скорости тепловыделения над скоростью теплоотвода, так как условия самоускорения реакции окисления в горючей смеси после повышения температуры системы остаются теми же.

2 Классификация веществ и материалов по горючести.

Объяснение механизма зажигания горючих смесей накаливаемыми телами дано в работах Я.Б. Зельдовича. По Я.Б. Зельдовичу, критическим условием воспламенения горючей смеси накаливаемым телом является равенство теплового потока от нагретого тела тепловому потоку в пристенном слое за счет химической реакции. Таким образом, градиент температуры на стенке равен нулю. Для выполнения этих условий температура должна иметь определенное значение, а само тело обладать достаточной массой и теплоемкостью. Иными словами, только определенный тепловой импульс от тела может привести к самопроизвольному развитию реакции в горючей системе и дальнейшему воспламенению. Необходимая величина теплового запаса тела различна и зависит от свойств горючей системы. Обратите внимание на формулы, связывающие физические свойства нагретого тела (размеры, температуру) с физико-химическими свойствами системы (тепловым эффектом реакции горючей смеси, энергией активации, температурой, теплопроводностью). Не менее, важно знать, находится горючая смесь в состоянии покоя или движется, так как при этом тепловой поток от стенки передается не только теплопроводностью, но и конвекцией. При прочих равных условиях температура нагретого тела при воспламенении движущейся смеси должна быть выше.

3 Методы определения группы горючести.

Природа воспламенения электрической искрой более сложна, чем тепловыми источниками. По Я.Б. Зельдовичу, возможность зажигания горючей смеси электрической искрой определяется соотношением времени охлаждения центра искрового промежутка до $T_{\text{гmin}}(t_{\text{охлт}})$ и временем начала химической реакции ($t_{\text{x.p.}}$). Если $t_{\text{охлт}} > t_{\text{x.p.}}$, то горение возможно, если же $t_{\text{охлт}} < t_{\text{x.p.}}$ – воспламенение не происходит.

При искровом зажигании в качестве параметра, характеризующего пожароопасные свойства системы, принимают наименьшее предельное значение мощности искры, начиная с которого смесь способна воспламеняться с дальнейшим распространением пламени по всему объему. Мощность искры является функцией состава смеси, температуры, давления, теплопроводности, теплоемкости. Минимальная мощность искры при воспламенении движущейся горючей смеси больше, чем неподвижной. Эти вопросы имеют важность при оценке и выработке норм и требований пожарной безопасности производств, объектов, систем.

5. Лекция № 5 (интерактивная форма 2 ч).

Тема : Теории горения: тепловая, цепная, диффузионная. Самовоспламенение и самовозгорание горючих систем

1.5.1 Вопросы лекции:

1. Тепловое самовоспламенения.
2. Температура самовоспламенения.
3. Самовозгорание веществ и материалов.

1.5.2 Краткое содержание вопросов:

- 1 Тепловое самовоспламенение.

При изучении этой темы необходимо вспомнить, что в основе воспламенения и горения лежит окислительно-восстановительная реакция, которая носит радикально-цепной характер. Энергия активации, протекающих по радикально-цепному механизму, составляет 0-63 кДж/моль, что ниже, чем у молекулярных реакций. Правомочность радикально-цепного механизма реакции доказывается экспериментальными исследованиями, например, методом парамагнитного резонанса в горючих системах обнаружено наличие радикалов. Такие реакции могут протекать с разветвлением цепей.

Самовоспламенение в такой системе может произойти в результате теплового и цепного взрыва. Под тепловым взрывом понимают резкое увеличение скорости химической реакции, вызванное прогрессирующим саморазогревом системы, когда тепловое равновесие в системе не устанавливается. При цепном взрыве резкое увеличение скорости химической реакции происходит в результате лавинообразного роста числа активных частиц (атомов и радикалов), которое возможно благодаря разветвлению цепей в реакциях окисления. Однако, чаще всего при самовоспламенении имеет место и то, и другое, можно сказать, что в горючей системе происходит смешанный цепочно-тепловой взрыв.

2 Температура самовоспламенения.

Представления о механизме самовоспламенения используются при проведении профилактических мер по предотвращению загорания, самовозгорания, самовоспламенения горючих веществ и материалов.

Практический интерес представляет вывод о существовании предельных условий самовоспламенения, которые определяются равенством скоростей тепловыделения и теплоотвода и равенством изменения этих скоростей при некоторой определенной температуре, называемой температурой самовоспламенения $T_{св}$. Температура самовоспламенения принята в качестве показателя пожарной опасности веществ и материалов. Поскольку $T_{св}$ не является константой, зависит от ряда факторов, например концентрации горючего, давления, поверхности теплоотвода, ее стандартизируют. За показатель пожарной опасности принимают самую низкую температуру самовоспламенения горючей смеси, т.е. смеси стехиометрического состава. Все остальные условия экспериментального определения $T_{св}$ специально оговорены.

К параметрам процесса самовоспламенения относится период индукции. Величина периода индукции зависит от начальной температуры, давления и химической природы горючего материала.

Температуру самовоспламенения определяют также расчетными методами. В учебном пособии приведен один наиболее распространенных методов, основанный на экспериментально установленной закономерности между температурой самовоспламенения и строением молекулы. Этот способ расчета $T_{св}$ применим для гомологических рядов предельных углеводородов, спиртов, ароматических углеводородов.

3 Самовозгорание веществ и материалов.

При изучении самовоспламенения рассматривается частный случай самовоспламенения – самовозгорание веществ и материалов. Между самовоспламенением и самовозгоранием нет принципиальной разницы – критические условия воспламенения одни и те же.

Условно, если температура начала процесса лежит в пределах 290-320 К, то говорят о самовозгорании, а если выше, то процесс возникновения пламени называют самовоспламенением. Причиной самовозгорания могут быть микробиологические процессы, адсорбция паров и газов, сопровождающаяся повышением температуры, большая реакционная способность некоторых веществ, например щелочных металлов. Самовозгоранию способствует развитая поверхность материала, термическая неустойчивость вещества и ряд других факторов.

Пожары, вызванные самовоспламенением пыли, чаще всего происходят в сушильном производстве, при складировании и транспортировке пылевидных материалов. В соответствии с тепловой теорией самовоспламенения $T_{св}$ аэрозоля зависит от формы и размеров частиц, природы пыли.

Самовозгорание бывает трех видов: тепловое, химическое, микробиологическое. Во всех случаях причиной загорания остается экзотермичность процесса окисления горючей системы. В наиболее общем виде характеристики воспламенения пыли являются функцией следующих факторов: концентрации, размера, формы частиц аэрозоля; состава, давления, температуры газовой среды.

6. Лекция № 6 (интерактивная форма 2 ч).

Тема : Вынужденное воспламенение горючей смеси

1.6.1 Вопросы лекции:

1. Вынужденное воспламенение и его сущность.
2. Зажигание от различных источников.
3. Концентрационные пределы распространения пламени

1.6.2 Краткое содержание вопросов:

1. Вынужденное воспламенение и его сущность.

Распространение пламени имеет место после воспламенения горю смеси, т.е. является следующей стадией процесса горения. Поэтому вполне уместно проведение аналогий в механизме и закономерностях обоих процессов. Необходимым и достаточным условием возникновения самовоспламенения загорания является: $q_+ = q_-$ и $dq + IdT = dq - IdT$. При этом видимым признаком воспламенения служит пламя. Пламя представляет часть пространства, в котором протекают химические реакции горючего с окислителем. В этой части пространства, называемой еще зоной реакции, происходят процессы тепло- и массообмена. Законы передачи тепла и массы определяют механизм распространения пламени, независимо от того какой вид горения рассматривать. Но чем сложнее законы образования горючей смеси, тем сложнее законы, управляющие реакциями в пламени, тем само пламя сложнее по структуре. Поэтому механизм распространения пламени, параметры пламени удобнее рассмотреть на примере гомогенного кинетического горения.

В неподвижной горючей смеси при воспламенении фронт пламени перемещается в пространстве в сторону несгоревшей смеси, поэтому принято говорить о таком пламени как движущемся. Если горючая смесь движется, например, вытекает из сопла горелки, то можно подобрать такой расход газовой смеси, что возникшее пламя установится на среде горелки. В «неподвижном», стационарном пламени, скорость его распространения

находится в динамическом равновесии со скоростью газового потока и направлена в противоположную сторону.

2 Зажигание от различных источников.

Механизм распространения пламени объясняют две теории: тепловая и диффузионная. По Я.Б. Зельдовичу и Д.А. Франк-Каменецкому, суть тепловой теории заключается в том, что пламя распространяется по горючей смеси за счет передачи тепла в сторону несгоревшего газа с определенной скоростью, называемой нормальной скоростью горения U_n . Нормальная скорость распространения пламени - скорость перемещения фронта пламени относительно несгоревшей смеси в направлении перпендикулярном к его поверхности. U_n является физической константой данной горючей смеси и зависит от природы горючего вещества, концентрации, теплофизических параметров смеси: температуры, теплопроводности, теплоемкости, температуропроводности.

Согласно диффузионной теории, механизм перемещения зоны химической реакции обусловлен главным образом диффузией активных частиц (атомов и радикалов) из зоны реакции в несгоревшую свежую горючую смесь, где они инициируют реакцию горения. Перемещение пламени в пространстве происходит в результате диффузии активных частиц. На самом деле перемещение пламени осуществляется как за счет передачи тепла, так и за счет диффузии активных частиц в холодную смесь.

Поскольку нормальная скорость горения является важной характеристикой горючей смеси, необходимо иметь представление о методах ее определения. Расчетным путем ее найти сложно, поэтому пользуются экспериментальными методами, например методом сферической бомбы постоянного давления или постоянного объема, методом горелки Бунзена, вертикальной трубы Коварда-Джонса, методом плоской горелки. При распространении пламени по горючим смесям в реальных условиях (в помещениях, заполненных горючей средой, в паровоздушных объемах резервуаров) наблюдаемая, видимая скорость распространения пламени существенно выше нормальной скорости из-за движения газовой смеси в направлении распространения пламени вследствие расширения продуктов горения по сравнению с объемом исходной смеси.

Особое внимание следует уделить диффузионному пламени, как наиболее распространенному на пожаре виду горения. В отличие от кинетического пламени у диффузионного фронт шире, температура в зоне горения ниже, цвет пламени желтый вследствие свечения раскаленных частиц углерода.

При таком горении существенное значение приобретают процессы смесеобразования (взаимной диффузии молекул горючего и окислителя). Так как скорость диффузии значительно меньше скорости химической реакции, то процесс горения в целом определяется скоростью диффузии, а не скоростью химической реакции, как при кинетическом горении. По сравнению с кинетическим диффузионное пламя на горелке Бунзена более вытянутое, а зона горения значительно больше по объему, так как скорость горения в этом режиме ниже, чем в кинетическом.

3 Концентрационные пределы распространения пламени.

Смеси горючих газов и паров с воздухом способны воспламеняться и распространять пламя только тогда, когда концентрация горючего в них находится в определенных ограниченных пределах, которые называются нижним (НКПР) и верхним (ВКПР) пределами распространения пламени. Метан имеет область распространения пламени, равную 5-15 об. %.

В пределах одного гомологического ряда с увеличением относительной молекулярной массы пределы распространения пламени, выраженные в объемных процентах, уменьшаются. На нижнем пределе теплота сгорания большинства

углеводородов соответствует примерно величине 1830-2050 кДж/м³, а адиабатная температура горения равна 1500 К±110 К. Эти данные свидетельствуют о том, что для воспламенения горючих веществ и распространения пламени необходимы определенные условия.

Концепции предельных температур и теплоты сгорания использованы при создании методик расчета нижнего концентрационного предела.

С увеличением температуры, как и следует из сущности предельных явлений, область распространения пламени расширяется, а с уменьшением давления сужается. Концентрационные пределы распространения пламени изменяются и от ряда других причин: присутствия в смеси флегматизатора или ингибитора, мощности источника зажигания.

Концентрационные пределы распространения пламени (КПР) являются едва ли не основной характеристикой пожароопасных свойств веществ и материалов. Мощность зажигающей искры, температура самовоспламенения, температура горения имеют смысл только внутри концентрационной области распространения пламени.

Все эти обстоятельства необходимо учитывать в практической деятельности. Обратите внимание на характер изменения пределов распространения пламени от различных параметров и методы их расчета.

Обратите внимание и на другие способы выражения предельных условий горения: так, для жидкостей вводят понятие температурных пределов воспламенения, для газовых смесей - пределов по давлению.

Изучая горение пылевоздушных смесей, остановитесь на зависимости условий воспламенения и распространения пламени от дисперсности пыли, способности к электризации. Изменение предельных условий распространения пламени в таких горючих системах связано с тем, что пылевоздушные смеси являются гетерогенными системами, и при их горении свое место занимают поверхностные явления.

Пределы распространения пламени веществ и материалов определяют расчетными и экспериментальными методами.

Наряду с принятой системой определения пределов по концентрации горючего в смеси, в последние годы для твердых горючих материалов стал довольно широко применяться предел распространения пламени по кислороду, который находится экспериментально и носит название кислородного индекса (КИ). Этот параметр также зависит от давления, температуры... Кислородный индекс характеризует то минимальное содержание кислорода в смеси с азотом, при котором возможно воспламенение горючего материала с его последующим горением.

Пределы распространения пламени применяются в практике для классификации производств по степени их пожарной опасности, при расчете предельно допустимых концентраций горючих паров и газов в помещениях при производстве огневых работ, для расчета взрывоопасных режимов работ в среде, содержащей горючие газы и пары.

Исходя из важности КПР, в пособии при решении типовых задач при-расчета концентрационных и температурных пределов воспламенения.

7. Лекция № 7.

Тема : Горение жидкостей

1.7.1 Вопросы лекции:

1. Воспламенение жидкости и механизм распространения пламени по поверхности жидкости.
2. Механизм выгорания жидкости.

1.7.2 Краткое содержание вопросов:

- 1 Кинетическое горение газов.

Горение газов – наиболее простой случай горения веществ и материалов. Основоположниками теории горения газов являются Михельсон, Зельдович, Франк-Каменецкий, Семенов и др.

Кинетическое горение – горение предварительно перемешанной смеси горючего и окислителя.

В этом случае пламя по горючей смеси будет распространяться во все стороны. Объем, охваченный пламенем, будет увеличиваться. Пламя всегда распространяется в сторону несгоревшей смеси.

Узкая полоска между исходной смесью и продуктами горения и есть пламя. Для большинства углеводородных смесей с воздухом толщина этой полоски $0,1 \div 1,0$ мм. Это зона горения или фронт пламени. В ней протекает химическая реакция и выделяется все тепло. Свечение является результатом присутствия в ней радикалов CH , HCO , C_2 и т.д.

Таким образом, фронт пламени – это узкая светящаяся зона, разделяющая ПГ и исходную горючую смесь.

Во фронте пламени в результате химической реакции горения концентрация исходных компонентов резко снижается до нуля, а температура достигает максимального значения. Вследствие молекулярной теплопроводности температура перед зоной реакции монотонно повышается от начальной температуры горючей смеси до температуры, близкой к температуре горения, образуя зону физического прогрева.

2 Диффузионное горение газов.

Особое внимание следует уделить диффузионному пламени, как наиболее распространенному на пожаре виду горения. В отличие от кинетического пламени у диффузионного фронт шире, температура в зоне горения ниже, цвет пламени желтый вследствие свечения раскаленных частиц углерода.

При таком горении существенное значение приобретают процессы смесеобразования (взаимной диффузии молекул горючего и окислителя). Так как скорость диффузии значительно меньше скорости химической реакции, то процесс горения в целом определяется скоростью диффузии, а не скоростью химической реакции, как при кинетическом горении. По сравнению с кинетическим диффузионное пламя на горелке Бунзена более вытянутое, а зона горения значительно больше по объему, так как скорость горения в этом режиме ниже, чем в кинетическом.

Турбулентное пламя отличается от ламинарного тем, что передача тепла и вещества осуществляется не только молекулярной диффузией, но и за счет турбулентной диффузии, т.е. тепло- и массообмен происходит быстрее и соответственно интенсивнее идет весь процесс горения.

Проводя параллели между кинетическим и диффузионным, ламинарным и турбулентным пламенем, нетрудно понять, что турбулентное диффузионное пламя сочетает особенности этих типов пламени, являясь наиболее сложным по механизму протекающих процессов и по структуре. Для турбулентного диффузионного пламени характерна неполнота сгорания, размытый фронт, образующийся по объему, где смесь имеет стехиометрический состав. Для турбулентного диффузионного пламени скорость горения зависит от газодинамических условий, является функцией числа Рейнольдса и не является физико-химической константой горючей смеси.

Рассмотренные выше особенности диффузионного турбулентного пламени необходимо учитывать при изучении пожаров газовых фонтанов. В реальных условиях истечение газа из устья скважин происходит, как правило, при $\text{Re} > 2300$. Поэтому факел газового фонтана имеет три четких

вытянутых области концентраций, соответствующих НКПР, смеси стехиометрического состава и ВКПР.

Высокие скорости истечения газа определяют существование зоны отрыва, в которой формируются профили скоростей и давлений газовой струи. В этой зоне скорость потока газа выше скорости распространения пламени и горение отсутствует. Зона отрыва определяет газодинамическую устойчивость факела. Выше зоны отрыва формируется область воспламенения, в которой скорость газа и распространения пламени равны. Выше ее находится зона догорания.

8. Лекция № 8.

Тема : Горение газов

1.8.1 Вопросы лекции:

1. Кинетическое горение газов.
2. Диффузионное горение газов

1.8.2 Краткое содержание вопросов:

1 Воспламенение жидкости и механизм распространения пламени по поверхности жидкости.

Пламя может распространяться над горючей жидкостью (ГЖ), когда концентрация паров жидкости в смеси с воздухом лежит между нижним и верхним концентрационными пределами распространения

Вследствие того, что жидкости обладают при определенной температуре заданной упругостью паров (парциальным давлением паров), которая увеличивается с ростом температуры, концентрационные пределы связаны с другими показателями пожароопасности жидкостей - температурными пределами распространения (ТПР). Температура ГЖ, при которой над ее поверхностью образуется паровоздушная смесь, способная к воспламенению от источника, называется температурой вспышки Твсп. Если температура ГЖ лежит между нижним и верхним температурными пределами распространения, то при зажигании горючей жидкости пары, находящиеся над поверхностью жидкости, воспламеняются по всему зеркалу. Скорость распространения пламени зависит от концентрации пара ГЖ. Кислород, необходимый для горения, поступает из окружающей среды. За счет тепла, излучаемого пламенем, испарение увеличивается. При установившемся режиме тепломассообмена количество жидкости, сгорающей в единицу времени, достигает максимального значения и остается постоянным во времени. Скорость выгорания ГЖ определяется скоростью испарения ГЖ с поверхности.

2 Механизм выгорания жидкости.

Горение жидкости после воспламенения протекает в гомогенном режиме в диффузионной области. В механизме воспламенения и горения важное место занимает лучистый тепловой поток от факела пламени к зеркалу жидкости. Под действием лучистого тепла поверхность жидкости прогревается, усиливается испарение, интенсифицируется горение. Конвективные потоки способствуют массообмену, диффузии и формируют конусообразную форму диффузионного пламени. Характеристики горения жидкостей: массовая и линейная скорости выгорания не являются постоянными величинами и зависят от температуры ГЖ, излучения диффузионного факела, теплоемкости и теплоты парообразования ГЖ и других факторов.

Вскипание и выброс жидкости при пожарах в резервуарах связаны с образованием гомотермического слоя в нагретой жидкости. Его формирование обусловлено перемешиванием жидкости, возникающим в результате прогрева жидкости от стенки

резервуара и опускания вниз верхних слоев ГЖ по мере выгорания легколетучих компонентов.

9. Лекция № 9.

Тема : Горение твердых веществ

1.9.1 Вопросы лекции:

1. Термическое разложение, пиролиз твердых веществ.
2. Распространение пламени по поверхности твердых веществ.
3. Горение металлов.
4. Горение пылей.

1.9.2 Краткое содержание вопросов:

- 1 Термическое разложение, пиролиз твердых веществ.

Большинство пожаров связано с горением твердых горючих материалов (ТГМ) (древесина, целлюлоза, шерсть, полимерные материалы, металлы). Механизм горения ТГМ разнообразнее и сложнее. Большинство ТГМ, как известно, горят в пламенном режиме (гомогенное горение). Образование газообразных горючих веществ связано с разложением ТГМ при нагревании - пиролизом. При пиролизе ТГМ происходит разрыв химических связей в молекулах горючего и образование промежуточных веществ с относительно низкой молекулярной массой. Пламенное горение возможно в том случае, если концентрация горючих продуктов пиролиза лежит в области КПР. Непрерывное поступление горючих паров и газов в зону горения поддерживается интенсивным тепловым потоком от пламени к поверхности ТГМ. Здесь существенно пространственное расположение поверхности ТГМ по отношению к пламени, так как передача тепла может осуществляться не только лучистым потоком, но и конвекцией и теплопроводностью.

- 2 Распространение пламени по поверхности твердых веществ.

Наиболее распространенным ТГМ является древесина, горение которой сопровождается образованием углистого остатка.

После выхода летучих продуктов пиролиза и угасания пламени нагретый углистый остаток поверхности древесины непосредственно вступает в контакт с воздухом, начинается заключительная стадия горения – «тление» или беспламенное горение - поверхностное окисление твердого материала (гетерогенное горение). Надо отметить, что самоподдерживающееся тлеющее горение характерно не только для древесины, но и для бумаги, целлюлозных тканей, опилок, латексной резины и т.д. Максимальная температура тления целлюлозных материалов 600-750 °С. Скорость распространения тлеющего горения (линейная скорость) составляет 0,01 мм/с.

3. Горение металлов.

Характерным параметром горения ТГМ является массовая скорость выгорания.

Характер горения металлов во многом определяется значениями температур плавления и кипения самого металла и образующейся окиси, которая создает пленку на поверхности горящего материала. Горение металлов, как правило, наблюдается в том случае, если они находятся в виде стружки, порошков, аэрозолей.

К открытым пожарам, связанным с горением твердых горючих материалов, относятся: пожары на складах лесоматериалов, лесные пожары, пожары торфополей, а также пожары хлебных массивов и степные пожары.

4. Горение пылей.

К открытым пожарам, связанным с горением твердых горючих материалов, относятся: пожары на складах лесоматериалов, лесные пожары, пожары торфополей, а также пожары хлебных массивов и степные пожары.

На этих пожарах горение происходит в естественных условиях, не ограниченных строительными конструкциями. За температуру таких пожаров принимают температуру пламени. Газообмен в большой степени зависит от внешних естественных газовых потоков: интенсивности и направления ветра.

Зона горения определяется, главным образом, распределением горючих веществ в пространстве и формирующими ее конвективными газовыми потоками. Зона теплового воздействия на земле определяется преимущественно лучистым тепловым потоком, так как конвективные тепловые потоки уходят вверх.

10. Лекция № 10.

Тема : Предельные явления в горении и тепловая теория потухания пламени

1.10.1 Вопросы лекции:

1. Физико-химические основы прекращения горения.
2. Механизм прекращения горения.

1.10.2 Краткое содержание вопросов:

- 1 Физико-химические основы прекращения горения

Горение происходит при балансе тепловыделения химической реакции в горючей системе и теплоотдачи в окружающую среду. В соответствии с этим согласно тепловой теорией потухания задача прекращения горения сводится к снижению температуры в зоне химической реакции ниже критического значения. Понижение температуры приводит к нарушению теплового равновесия в зоне горения.

Температура, ниже которой горение становится невозможным принято называть температурой потухания.

Изменить тепловое равновесие в зоне горения можно или снижением интенсивности тепловыделения в зоне реакции ниже предельного значения, или повышением интенсивности теплоотдачи, или одновременным снижением интенсивности тепловыделения и повышением интенсивности теплоотдачи пока температура в зоне реакции не снизится до критического значения – температуры потухания.

Учитывая среднее значение теоретической температуры горения, около 2000-2500К и среднее значение энергии активации органических веществ 125000 Дж/моль можно рассчитать, что для достижения температуры потухания нужно снизить температуру в зоне горения примерно на 20 %.

Для прекращения горения на пожаре необходимо применять средства, снижающие интенсивность тепловыделения в зоне реакции горения или увеличивающие теплоотдачу из этой зоны.

Одним из наиболее доступных способов прекращения горения является снижение температуры в зоне реакции и в окружающем пространстве.

Для отвода тепла в зону горения можно вводить вещества, имеющие низкую температуру, например азот, гелий или аргон в жидком состоянии. Такое тушение принципиально возможно, но практически мало реализуемо.

Обычно, для отвода тепла на практике применяют вещества, имеющие большую теплоту фазового перехода, например, воду или твердый диоксид углерода. Вода, попадая

в зону горения, нагревается и, испаряясь, отбирает значительное количество энергии. Твердый диоксид углерода образуется из жидкости при выходе через сопло огнетушителя и имеет температуру -73°C , что приводит к снижению температуры в зоне горения. В процессе испарения диоксида углерода в зоне горения дополнительно поглощается большое количество энергии.

2 Механизм прекращения горения.

Механизм ингибирования пламени хладонами до конца не изучен. Это объясняется чрезвычайной сложностью процессов горения и ингибирования.

Тем не менее предполагается, что ингибирование горения галогенпроизводными протекает по радикальному механизму.

Известно, что процессы горения и взрывов относятся к классу цепных реакций, т.е. являются многостадийными. Продолжение каждой последующей стадии возможно только при успешном протекании предыдущей. На промежуточных стадиях в реакциях участвуют активные центры - радикалы (валентно ненасыщенные частицы), вследствие чего они легко взаимодействуют с исходными молекулами или между собой. Роль активных центров могут играть, например, атомы $\text{H}\cdot$, $\text{Cl}\cdot$, $\cdot\text{O}\cdot$ и группы атомов $\cdot\text{OH}$, $\cdot\text{CH}_3$ и т.д. И если в зону протекания химической реакции окисления ввести компоненты (добавки), которые связывают последние, то становится возможным обрыв цепей и, как следствие, торможение скорости реакции, вплоть до потухания.

Роль указанных добавок в данном случае лучше всего выполняют галогенпроизводные предельных углеводородов. Гибель активных центров химических реакций горения будет происходить при взаимодействии их с атомами и радикалами, содержащими галоген и возникающими при расщеплении в зоне реакции молекул ХАИ. В результате такого взаимодействия образуются малоактивные химические соединения.

Практически это проявляется в том, что при введении ХАИ в горючую смесь область воспламенения последней сужается. При некоторой концентрации добавок, называемой минимальной флегматизирующей концентрацией, оба предела сливаются. Область вне кривой флегматизации характеризует смеси, неспособные распространять пламя.

11. Лекция № 11.

Тема : Взрыв. Характерные особенности возникновения и развития

1.11.1 Вопросы лекции:

1. Общие сведения о взрыве.
2. Термодинамика взрыва.
3. Взрывы: типы взрывов, физические и химические взрывы, классификация взрывов по плотности вещества, по типам химических реакций, энергия и мощность, форма ударной волны, длительность импульса.

1.11.2 Краткое содержание вопросов:

1 Общие сведения о взрыве.

Под взрывом понимается явление, связанное с внезапным изменением состояния вещества, сопровождающимся резким звуковым эффектом и быстрым выделением энергии, приводящим к разогреву, движению и сжатию продуктов взрыва и окружающей среды. Возникновение повышенного давления в области взрыва вызывает образование в окружающей среде ударной волны с сильным разрушающим действием.

При взрыве исходная потенциальная энергия вещества превращается, как правило, в энергию нагретых сжатых газов, которая в свою очередь при их расширении переходит в

энергию движения, сжатия, разогрева среды. Часть энергии остается в виде внутренней (тепловой) энергии расширившихся газов.

Полное количество выделившейся при взрыве энергии определяет общие размеры (объемы, площади) разрушений. Концентрация энергии (энергия в единицы объема) определяет интенсивность разрушений в очаге взрыва.

Взрывы, наиболее часто встречающиеся в практике можно подразделить на химические и физические взрывы.

В свою очередь химические взрывы бывают: взрыв конденсированного взрывчатого вещества (ВВ) и объемный взрыв (взрыв паро-пыле-газовых смесей). Различают формы работы взрыва общего (фугасного) и бризантного действия. К общему действию взрыва относятся разрушения, вызываемые ударными волнами и движением среды на некотором расстоянии от очага взрыва. Наибольшее воздействие оказывает фронт давления при прямом ударе в препятствие. Носит он, однако, характер поверхностного действия. При бризантном действии, являющемся функцией скорости выделения энергии (мощности) и характерном главным образом для конденсированных взрывчатых веществ, происходит интенсивное дробление и деформация тел, непосредственно примыкающих к месту взрыва.

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

Детонация – разновидность процесса взрыва, в ходе которого возникает мощная, самоподдерживающаяся, сверхзвуковая ударная волна, сжимающая вещество до такой степени, что в месте ее прохождения мгновенно начинается химическая реакция, сопровождаемая выделением значительного количества энергии. Наблюдаемый очень сильный разрушительный эффект является результатом образующейся ударной волны, не требующей препятствий для своего развития.

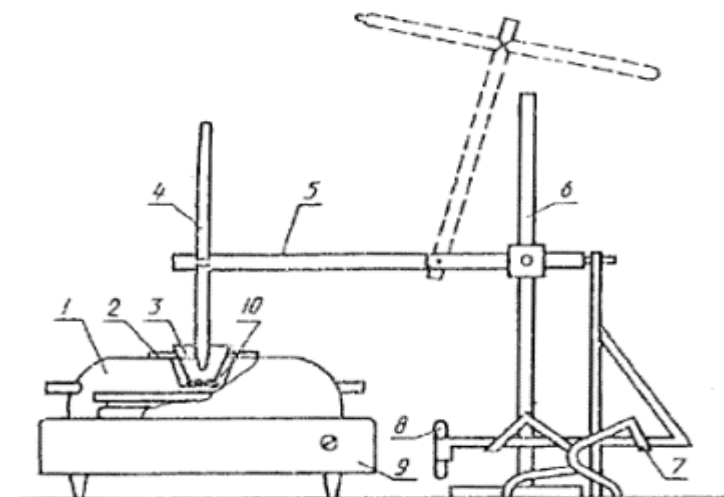
Физические взрывы, как правило, связывают со взрывами сосудов от давления паров и газов. При этом основной причиной их образования является не химическая реакция, а физический процесс, обусловленный высвобождением внутренней энергии сжатого или сжиженного газа. Сила таких взрывов зависит от внутреннего давления, а разрушения вызываются ударной волной от расширяющегося газа или осколками разорвавшегося сосуда.

Параметры взрыва, обуславливающие его последствия, в основном определяются характером распределения энергии в области взрыва и ее перераспределением по мере того, как взрывная волна распространяется от источника взрыва. Наиболее существенным для описания и оценки последствий взрыва является параметр суммарного энерговыделения источника взрыва.

Для случайных взрывов оценка энерговыделения затруднена, тогда как для взрывов заданных масс конденсированных ВВ его величина хорошо известна. Поэтому весьма распространенным, но не всегда точным способом оценки повреждений, вызванных взрывной волной при случайных взрывах, является выражение разрушения от взрыва в его тротиловом эквиваленте.

Помимо энергосодержания источника взрыва, его основными параметрами являются: максимальное избыточное давление в проходящей волне и избыточное давление в отраженной взрывной волне, расстояние от центра источника взрыва до места разрушения, удельный импульс в проходящей и отраженной взрывной волне.

К последствиям взрыва относятся фугасное действие воздушной ударной волны, осколочное действие разрушенных и разлетающихся элементов оборудования и тепловое действие от выгорания горючих веществ и материалов.



Черт. 2. 1 - нагревательная ванна; 2 - кольцо из паронита; 3 - фарфоровый тигель; 4 - термометр; 5 - держатель термометра; 6 - штатив; 7 - подставка для горелки; 8 - газовая горелка; 9 - нагревательное устройство; 10 - асбестовая прокладка.

Термометры типа ТН-2 и ТИН-3 по ГОСТ 400 с делением шкалы не более 1°C или другие измерители температуры с погрешностью не более указанной.

Секундомер с погрешностью не более 1 с для контроля скорости нагревания жидкости.

Трехстворчатый экран с шириной створки 460 мм и высотой 610 мм для защиты тигля от потоков воздуха.

Газовая горелка, имеющая пламя в форме шара диаметром $(4,0 \pm 0,5)$ мм.

2.2 Лабораторная работа № 2 (2 часа).

Тема: Определение воспламеняемости постельных принадлежностей

2.2.1 Цель работы: Исследовать воспламеняемость постельных принадлежностей.

2.2.2 Испытаниям подвергают на матрасники, чехлы для матрасников, подушки, одеяла (в том числе стеганные), покрывала, наволочки, простыни, пододеяльники и другие аналогичные изделия.

Метод испытаний постельных принадлежностей на воспламеняемость заключается в воздействии на поверхность испытуемого образца тлеющей сигареты и пламени газовой горелки. По результатам испытаний определяют наличие тления или горения поверхности образца, а также степень повреждений, вызванных воздействием источников зажигания.

Средства испытаний

Средства испытаний включают в себя установку для определения воспламеняемости постельных принадлежностей, состоящую из испытательного стенда (рисунок 1), на который помещают образец, источника зажигания и средств измерения.

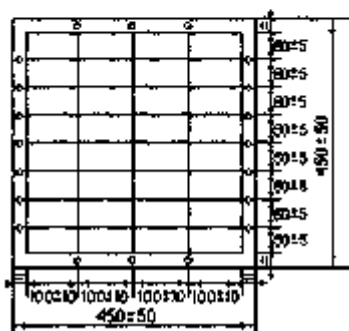
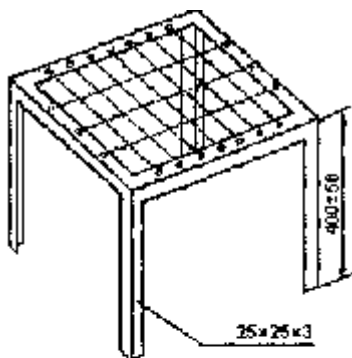


Рисунок 1. Общий вид стенда

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЯ

Материалы или комбинацию материалов относят к группе легковоспламеняемых по одному из следующих признаков:

- образец продолжает тлеть по истечении часа после удаления тлеющей сигареты;
- при воздействии тлеющей сигареты образец загорелся;
- наблюдается горение образца после удаления пламени газовой горелки в течение более 150 с;
- горение или тление распространилось более чем на 50 мм в горизонтальном направлении от места расположения тлеющей сигареты.

Если по результатам одного испытания комбинация материалов является легковоспламеняемой, а по результатам второго не может быть отнесена к этой группе, то данную комбинацию материалов следует отнести к числу легковоспламеняемых.

Если ни одного из перечисленных признаков не наблюдается, то материал (или комбинация материалов) классифицируется как не относящийся к легковоспламеняемым. Результаты испытаний оформляют в виде протокола, который должен включать в себя: ссылку на нормативный документ, в соответствии с которым проводилось испытание; дату и условия проведения испытаний; полную характеристику и состав испытываемых материалов; размеры повреждения (в мм) в каждом испытании; время устойчивого горения или остаточного тления образца при каждом испытании; время воздействия источника зажигания; наличие тления внутри образца; особенности горения или тления образца.

2.3 Лабораторная работа № 3(2 часа).

Тема: Определение воспламеняемости элементов мягкой мебели

2.3.1 Цель работы: Исследовать воспламеняемость элементов мягкой мебели.

2.3.2 В процессе испытаний устанавливают способность элементов мягкой мебели к воспламенению, устойчивому горению от источников зажигания.

Испытаниям подвергают обивочные, прокладочные и набивочные (наполнители) материалы, а также комбинации материалов, используемых для изготовления мягкой мебели.

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЯ

Комбинация материалов классифицируется как легковоспламеняемая по одному из следующих признаков:

- горение или тление распространилось за время испытаний до верхней или нижней границы испытательного стенда или на всю толщину материала;
- образец обуглился на расстоянии более 100 мм в любом из направлений от места воздействия тлеющей сигареты;
- наблюдается устойчивое горение образца после удаления газовой горелки в течение более 120 с.

Если перечисленные признаки не наблюдаются, то комбинация материалов не может быть отнесена к легковоспламеняемой.

Если по результатам одного испытания комбинация материалов является легковоспламеняемой, а по результатам второго не может быть отнесена к этой группе, то данную комбинацию материалов следует отнести к числу легковоспламеняемых.

Результаты испытаний оформляют в виде протокола, который должен включать в себя: ссылку на нормативный документ, в соответствии с которым проводились испытания; дату и условия проведения испытаний; полную характеристику и состав испытываемых материалов; размеры повреждения по ширине, глубине и высоте (в мм) для вертикальной и горизонтальной частей испытательного стенда (для каждого испытания); время устойчивого горения или остаточного тления (для каждого испытания); время воздействия источника зажигания; наличие признаков тления внутри образца; особенности горения или тления (например, плавление, обугливание и пр.).

2.4 Лабораторная работа № 4(2 часа).

Тема: Определение скорости распространения пламени по поверхности твердых горючих материалов

2.4.1 Цель работы: Исследовать скорость распространения пламени по поверхности твердого горючего материала в зависимости от его ориентации (угла наклона).

2.4.2 Знание закономерностей распространения пламени по поверхности твердых горючих материалов является необходимым условием прогнозирования обстановки на пожаре и, как следствие, залогом успешной борьбы с пожаром.

2.5 Лабораторная работа № 5(2 часа).

Тема: Метод испытания электротехнических изделий на пожароопасность

2.5.1 Цель работы: Исследовать электротехнические изделия на пожароопасность.

ОБЛАСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ

Оптимальным методом испытания электротехнических изделий на пожароопасность является точное воспроизведение реальных условий, встречающихся на практике.

Составные части электротехнического оборудования, которые могли бы подвергнуться воздействию тепловых перегрузок в результате электрических процессов и неисправность которых могла бы повлиять на безопасность оборудования, не должны подвергаться чрезмерному воздействию тепла или огня, возникших внутри оборудования.

Стандарт устанавливает метод испытания электротехнического оборудования и его составных частей.

АППАРАТУРА

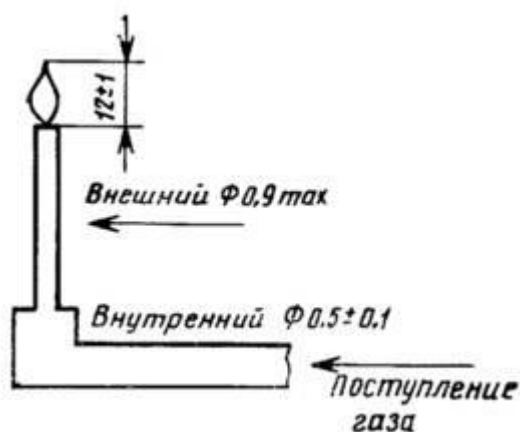
Для проведения испытания применяется газовая горелка, выполненная из трубки длиной не менее 35 мм, внутренний диаметр которой равен $(0,5 \pm 0,1)$ мм, а внешний не должен превышать 0,9 мм. Для испытания также может применяться медицинская подкожная игла с отсеченным концом.

В горелку подается газ - бутан, чистота которого должна составлять не менее 95%. Поступление воздуха в горелку исключается.

Примечание. При испытании допускается использование пропана. Однако бутан является эталонным газом.

Горелку крепят в вертикальном положении. Поступление в нее газа регулируется так, чтобы высота пламени составляла (12 ± 1) мм (черт. 1).

Горелка для испытания.



Черт. 1

Для оценки возможности распространения горения, например, путем отделения от образца горящих или раскаленных частиц, элементы, расположенные в обычных условиях эксплуатации вокруг образца, размещают под ним на расстоянии, эквивалентном расстоянию между ними в условиях эксплуатации.

Если составные части электрооборудования испытывают отдельно, то на расстоянии (250 ± 5) мм (если не оговорены другие условия) ниже зоны воздействия пламени размещают плиту из белой сосны толщиной около 10 мм, покрытую слоем папиросной бумаги. При проведении испытания могут потребоваться средства для закрепления образца и горелки в необходимом положении. Примечание. Плотность бумаги должна составлять 12-30 г/м².

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЯ

Если не оговорены другие условия, то считается, что образец выдержал испытание при условии, что:

образец не воспламенился;

пламя, горящие или раскаленные частицы, отделявшиеся от образца при испытании, не способствовали распространению загорания на окружающие элементы или на слой под образцом, а также если по истечении времени приложения пламени горелки к образцу отсутствовало его свечение или открытое пламя;

продолжительность горения не превышала 30 с;

степень повреждения образца, оговоренная заранее, не превышена.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

3.1 Практическое занятие 1. (ПЗ-1). Материальный и тепловой баланс процессов горения.

3.1.1 Вопросы к занятию.

1. Теория горения и взрыва.
2. Расчет количества воздуха, необходимого для горения веществ.
3. Расчет объема и состава продуктов горения.
4. Расчет теплоты сгорания веществ.

3.1.2 При подготовке к вопросам акцентировать внимание необходимо на физико-химические основы горения.

3.2 Практическое занятие 2. (ПЗ-2). Самовоспламенение и самовозгорание горючих систем.

3.2.1 Вопросы к занятию.

1. Виды пламени и скорости его распространения.
2. Расчет температуры самовоспламенения.
3. Распространение горения.
4. Условия возникновения и развития процессов горения.

3.2.2 При подготовке к вопросам акцентировать внимание необходимо на условия возникновения и развития процессов горения.

3.3 Практическое занятие 3. (ПЗ-3). Вынужденное воспламенение горючей системы.

3.3.1 Вопросы к занятию.

1. Расчет концентрационных пределов воспламенения паро - и газовоздушных смесей.
2. Условия возникновения и развития процессов горения.
3. Расчет концентрационных пределов воспламенения паро - и газовоздушных смесей.

3.3.2 При подготовке к вопросам акцентировать внимание необходимо на расчет концентрационных пределов воспламенения паро - и газовоздушных смесей.

3.4 Практическое занятие 4. (ПЗ-4). Горение жидкостей.

3.4.1 Вопросы к занятию.

1. Воспламенение жидкости.
2. Расчет температурных пределов распространения пламени.
3. Расчет температуры вспышки и температуры воспламенения.

3.4.2 При подготовке к вопросам акцентировать внимание необходимо на воспламенение жидкости.

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ (не предусмотрено рабочей программой дисциплины)