

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО 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 20.03.01 «Техносферная безопасность»

Профиль подготовки «Безопасность жизнедеятельности в техносфере»

Квалификация (степень) выпускника бакалавр

Нормативный срок обучения 5 лет

Форма обучения заочная

СОДЕРЖАНИЕ

1. Конспект лекций.....	3
1.1 Лекция № 1 Основные явления, протекающие на пожаре.....	3
1.2 Лекция № 2 Оценка горючести веществ и материалов.....	4
1.3 Лекция № 3 Теории горения: тепловая, цепная, диффузионная. Самовоспламенение и самовозгорание горючих систем.....	5
2. Методические указания по выполнению лабораторных работ.....	6
2.1 Лабораторная работа № ЛР-1 Метод экспериментального определения температуры вспышки жидкостей в открытом тигле	6
2.2 Лабораторная работа № ЛР-2 Определение воспламеняемости постельных принадлежностей.....	8
2.3 Лабораторная работа № ЛР-3 Определение скорости распространения пламени по поверхности твердых горючих материалов.....	10
3. Методические указания по проведению практических занятий.....	10
3.1 Практическое занятие № ПЗ-1 Материальный и тепловой баланс процессов горения.....	10
3.2 Практическое занятие № ПЗ-2 Самовоспламенение и самовозгорание горючих систем.....	10
3.3 Практическое занятие № ПЗ-3 Вынужденное воспламенение горючей системы.....	11
4. Методические указания по проведению семинарских занятий (не предусмотрено рабочей программой дисциплины).....	11

1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

1.1 Лекция №1(2 часа)

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 ° С 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.

1.2 Лекция №2 (2 часа)

Тема: «Оценка горючести веществ и материалов»

1.2.1 Вопросы лекции:

1. Понятие пожарной опасности веществ и материалов.
2. Классификация веществ и материалов по горючести.
3. Методы определения группы горючести.

1.2.2 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 смесью электрической искрой определяется соотношением времени охлаждения центра искрового промежутка до $T_{\text{min}}(t_{\text{охлт}})$ и временем начала химической реакции ($t_{\text{х.р.}}$). Если $t_{\text{охлт}} > t_{\text{х.р.}}$, то горение возможно, если же $t_{\text{охлт}} < t_{\text{х.р.}}$ – 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.

1.3 Лекция №3 (2 часа)

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

1.3.1 Вопросы лекции:

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

1.3.2 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 строения 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.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

2.1 Лабораторная работа №1

Тема: «Метод экспериментального определения температуры вспышки жидкостей в открытом тигле»

2.1.1 Цель работы: Исследовать метод экспериментального определения температуры вспышки жидкостей в открытом тигле.

2.1.2 Метод реализуется в диапазоне температур от минус 15 до 300°C и не применим для испытания полимеризующихся при нагревании, гидролизующихся и быстро окисляющихся жидкостей.

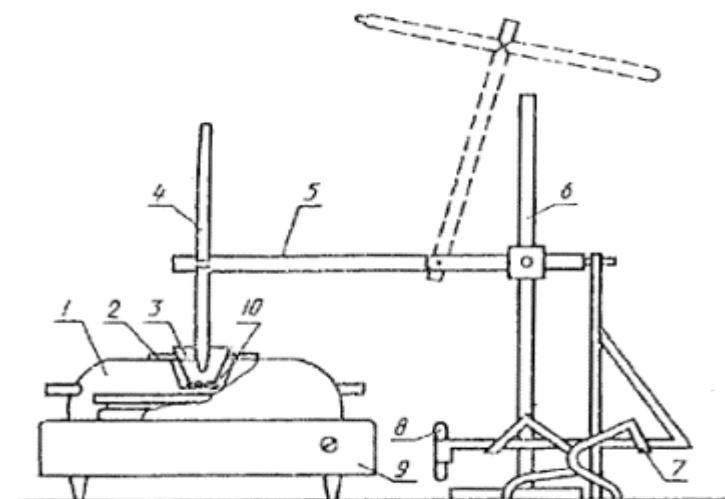
Аппаратура.

Прибор для определения температуры вспышки в открытом тигле включает в себя следующие элементы. Тигель с внутренним указателем уровня заполнения (черт.1), выполненный из коррозионно-стойкого материала.



Черт. 1. Устройство для нагревания тигля, обеспечивающее скорость нагревания до 17 °C/мин.

Примечание - Допускается использование прибора ТВ с фарфоровым тиглем низкой формы № 5 по ГОСТ № 9147 или аналогичным ему металлическим (черт. 7), а также автоматических аппаратов для определения температуры вспышки, которые позволяют экономить время испытаний, использовать меньшие количества проб и обладают другими характеристиками оправдывающими их применении. При использовании автоматических приборов для испытаний необходимо строго соблюдать все инструкции изготовителя. В спорных случаях температуру вспышки следует определять вручную.



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

Тема: «Определение воспламеняемости постельных принадлежностей»

2.2.1 Цель работы: Исследовать воспламеняемость постельных принадлежностей.

2.2.2 Испытаниям подвергают 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 испытываемого 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.

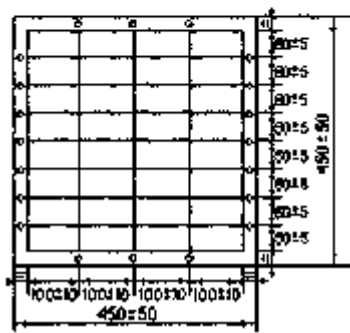
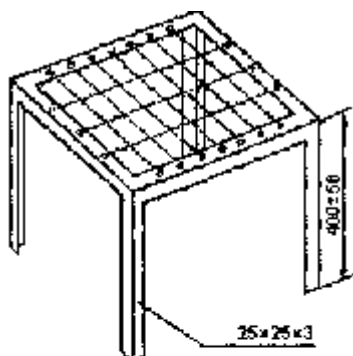


Рисунок 1. Общий вид стенда

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

Тема: «Определение скорости распространения пламени по поверхности твердых горючих материалов»

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

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

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

3.1 Практическое занятие №1

Тема: «Материальный и тепловой баланс процессов горения»

3.1.1 Задание для работы:

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

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

3.2 Практическое занятие №2

Тема: «Самовоспламенение и самовозгорание горючих систем»

3.2.1 Задание для работы:

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

Тема: «Вынужденное воспламенение горючей системы»

3.3.1 Задание для работы:

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.

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