

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Брянский государственный аграрный университет

Факультет среднего профессионального образования

ТЕОРИЯ ГОРЕНИЯ И ВЗРЫВА

Методические указания
для выполнения лабораторных и самостоятельных работ
по дисциплине "Теория горения и взрыва"

для студентов специальности
20.02.04 Пожарная безопасность

Брянская область
2018 г

УДК 614.84:541 (076)

ББК 36.96:24.5

О 74

Осипенко, В. В. Теория горения и взрыва: методические указания для выполнения лабораторных и самостоятельных работ по дисциплине "Теория горения и взрыва" для студентов специальности 20.02.04 Пожарная безопасность / В. В. Осипенко, Г. В. Шкуратов. - Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2018. - 30 с.

Рецензенты:

Л.В. Агеенко руководитель службы охраны труда Брянского ГАУ
Т.В. Панова к.т.н., доцент кафедры безопасности жизнедеятельности и инженерной экологии

Печатается по решению методической комиссии факультета среднего профессионального образования Брянского государственного аграрного университета, протокол № «5» от 04.04.2018 г.

Методические указания разработаны на основе Федерального государственного образовательного стандарта и рабочей программы по специальности среднего профессионального образования (далее – СПО) 20.02.04 Пожарная безопасность.

Указания предназначены для выполнения лабораторных работ по курсу «Теория горения и взрыва». Описания работ охватывают все основные разделы курса и позволяют освоить важнейшие экспериментальные методы исследования горючих веществ и материалов и изучить явления взрывчатого превращения. Издание подготовлено на факультете среднего профессионального образования Брянского государственного аграрного университета и предназначено для студентов, обучающихся по специальности 20.02.04 Пожарная безопасность.

© Брянский ГАУ

© Осипенко В.В. 2018 г

© Шкуратов Г.В. 2018 г

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ.....	4
Общие требования к выполнению, оформлению и обработке экспериментальных данных лабораторной работы.....	5
Меры безопасности и первой помощи при работе в лаборатории.....	5
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1 "Определение продуктов горения".....	7
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 "Определение температуры вспышки жидкостей в закрытом тигле".....	10
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 "Определение температуры воспламенения твердых веществ и материалов".....	13
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 "Определение температуры самовоспламенения газов и жидкостей".....	17
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5 "Определение индекса распространения пламени".....	21
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6 "Определение выхода летучих веществ, кокса и влажности топлива".....	25
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	29

ВВЕДЕНИЕ

Горение и взрыв являются чрезвычайно важной, бурно и эффективно развивающейся областью научно – технического прогресса, включающей в себя ярко выраженные фундаментальные и прикладные аспекты. Горение и взрыв – это процессы в энергоёмких химических системах, при протекании которых существенную роль играют в общем случае химическое тепло – и газовыделение, перенос энергии (тепла) и вещества, фазовые и структурные превращения. Горение и взрыв, несмотря на различие во внешних проявлениях, по своей научной сущности – очень близкие процессы. Они различаются лишь ролью газодинамических факторов и временем протекания химических реакций, но имеют в своих проявлениях много общего (инициирование процесса, волновая локализация реакции или объёмное реагирование и др.). Да и в целом системы, в которых возможны горение и взрыв, обладают общим свойством – высокой энергоёмкостью (во многих случаях горение и взрыв можно инициировать в одних и тех же системах). Поэтому горение и взрыв как область знания развиваются в единых рамках. Экспериментальная диагностика горения и взрыва имеет свои особенности, связанные с измерением возникающих и быстро распространяющихся фронтов высоких температур и давлений.

Отличительной особенностью всех лабораторных работ является их исследовательская направленность и комплексный теоретический и экспериментальный метод определения исследуемых параметров. Это наиболее оптимальный способ обучения, позволяющий увидеть возможности теории в решении прикладных задач

В результате освоения дисциплины студент **должен:**

Знать:

- физико-химические основы горения;
- основные теории горения, условия возникновения и развития процессов горения;
- механизм химического взаимодействия при горении;
- физико-химические и физические процессы и явления, сопровождающие горение;
- показатели пожарной опасности веществ и материалов и методы их определения;
- материальный и тепловой балансы процессов горения; возникновение горения по механизмам самовоспламенения и самовозгорания, вынужденного воспламенения;
- распространение горения по газам, жидкостям и твердым материалам;

Уметь:

- осуществлять расчеты параметров воспламенения и горения веществ, условий взрыва горючих газов, паров горючих жидкостей, тепловой энергии при горении, избыточного давления при взрыве;

Владеть навыками:

- применения полученных знаний в профессиональной деятельности

Общие требования к выполнению, оформлению и обработке экспериментальных данных лабораторной работы

Цель лабораторного практикума способствовать закреплению теоретических знаний слушателей. Каждая лабораторная работа отвечает определенной теме курса, поэтому при подготовке к лабораторному занятию слушатель должен изучить теоретический материал по данной теме, а затем ознакомиться с описанием лабораторной работы.

В каждой лабораторной работе изложены: цель работы, основные теоретические положения и описание лабораторной работы, порядок подготовки и проведения опыта и контрольные вопросы для проверки усвоения материала. Такая структура должна помочь в самостоятельной подготовке к выполнению лабораторной работы, способствовать осмысленному ее выполнению.

В процессе проведения работы запись исходных данных, результатов испытаний и расчет конечных величин должны проводиться в специальных тетрадях или на отдельных листках. Оформление работы, графическое представление результатов там, где это более наглядно, должно быть выполнено с соблюдением математических методов обработки результатов.

Приступая к выполнению работы, слушатель должен получить у преподавателя задание, содержащее наименование исследуемого вещества и конкретные условия проведения эксперимента.

При выполнении работы слушатель должен быть знаком с общими правилами техники безопасности работы в лаборатории и пожароопасными свойствами исследуемого материала, а также особенностями данного эксперимента.

Меры безопасности и первой помощи при работе в лаборатории

1. При работе в лаборатории необходимо быть внимательным и соблюдать исключительную осторожность. Недостаточное знакомство с приборами и свойствами веществ, неаккуратность и отступление от правил техники безопасности и порядка проведения работы могут повлечь за собой тяжелые последствия. Приступать к выполнению лабораторной работы разрешается только после инструктажа и соответствующей записи в журнале. Слушатель обязан: строго соблюдать порядок выполнения работы, убрать с рабочего места все посторонние предметы, выяснить у преподавателя все возникающие в процессе работы вопросы.

2. Во избежание случайных отравлений запрещается пользоваться для питья лабораторной посудой.

3. Запрещается набирать пипеткой при помощи рта испытуемые жидкости; для этого следует пользоваться резиновой грушей.

4. Категорически запрещается сливать в канализацию огнеопасные жидкости, засорять грязью, твердыми предметами (бумага, древесина, битое стекло) раковины канализации.

5. В лаборатории категорически запрещается: а) мыть оборудование, пол, столы бензином, керосином и другими легковоспламеняющимися и горючими жидкостями; б) хранить тряпки, другие предметы, смоченные легковоспламеняющимися жидкостями.

6. Строго воспрещается проводить вблизи огня какие-либо работы, кроме предусмотренных описанием.

7. При пользовании газовыми горелками следует соблюдать следующие правила: а) чтобы зажечь горелку надо немного открыть кран, выждать 2-3 с и затем к выходному отверстию поднести пламя спички или электрозажигалки. Если от неправильного зажигания горелки пламя «проскакивает», т.е. горит внутри горелки, ее следует немедленно погасить, дать ей остыть и только после этого зажечь снова.

8. Действующие электронагревательные приборы нельзя оставлять без присмотра.

9. Все работы с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями должны проводиться в вытяжном шкафу или под вытяжным зонтом при работающей вентиляции.

10. Категорически запрещается нагревать на открытом огне сосуды, содержащие низкокипящие огнеопасные жидкости.

11. При нагревании ЛВЖ в количестве более 0,5 л необходимо под прибор ставить кювету достаточной емкости для предотвращения разлива жидкости в случае аварии.

12. В случае внезапного прекращения подачи воды на охлаждение приборов с ЛВЖ и ГЖ горелки должны быть потушены, а электрический ток выключен.

13. После окончания работы необходимо проверить: а) закрыты ли газовые и водяные краны, общие вентиль ввода газа в лабораторию; б) потушены ли горелки и другие огневые приборы, включены ли электронагревательные приборы; в) закрыты ли пробками бутылки и банки с реактивами и другими жидкостями и материалами.

14. Необходимо ознакомиться с местом нахождения в лаборатории огнетушителя, ящика с песком, асбестополотна и др.

15. При тепловом ожоге обожженное место необходимо смочить раствором перманганата калия, затем смазать мазью от ожогов, вазелином или раствором пищевой соды (бикарбонатом натрия) и перевязать бинтом.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Тема - Определение продуктов горения

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: *научится составлять уравнения реакций горения и определять количество продуктов сгорания, образующихся при сгорании веществ*

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа

В процессе горения образуются продукты сгорания. Состав их зависит от горящего вещества и условий горения. Продукты сгорания, за исключением оксида углерода, гореть не способны.

Дым, образующийся при горении органических веществ, содержит твердые частицы и газообразные продукты (углекислый газ, оксид углерода (II), азот, сернистый газ и другие). В зависимости от состава веществ и условий их горения получается различный по содержанию дым. Дымы, образующиеся при горении разных веществ, отличаются не только составом, но цветом и запахом. По цвету дыма можно определить, какое вещество горит, хотя цвет дыма изменяется в зависимости от условий тления. При горении древесины дым имеет серовато-черный цвет; бумаги, сена, соломы — беловато-желтый; ткани и хлопка — бурый; нефтепродуктов — черный и т. д.

Во время пожара продукты сгорания не только осложняют его тушение, но и способствуют распространению. Нагретые до высокой температуры продукты сгорания, соприкасаясь с конструкциями и предметами, выполненными из сгораемых материалов, нагревая их, создают условия для горения.

Различают два вида горения: полное, протекающее при достаточном и избыточном количестве кислорода, и неполное, происходящее при недостаточном его количестве. При неполном горении образуется оксид углерода (II), а при полном — углекислый газ, которые при определенной их концентрации в воздухе поражают органы дыхания человека

Порядок проведения работы и обработка результатов эксперимента

Опыт 1. "Тиоцианатная змея Вёлера"

При смешивании водных растворов тиоцианата аммония NH_4NCS и нитрата ртути $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$, образуется белый осадок тиоцианата ртути $\text{Hg}(\text{NCS})_2$. Осадок горит с образованием черно-желтой "змеи", получившей название "змеи Вёлера" по имени ученого, обнаружившего данное явление. Тиоцианат ртути после поджигания быстро разлагается с образованием черного сульфида ртути HgS , желтого объемистого нитрида углерода состава C_3N_4 , углекислого газа и сернистого газа. Бурно выделяющиеся газы заставляют "ползти" змею, состоящую из твердых продуктов реакции. Внимание! Соли ртути ядовиты, и работа с ними требует осторожности и внимания.

Работа выполняется только в вытяжном шкафу!

Для выполнения опыта студенты получают заранее подготовленный, высушенный реактив, содержащий тиоцианат ртути; в качестве задания требуется рассчитать количество продуктов сгорания, образующихся при сгорании 1 г. тиоцианата ртути.

Опыт 2. "Нитратный червяк"

Работа выполняется только в вытяжном шкафу!

В емкость насыпают 3 – 4 ложки просеянного речного песка, делают из него горку с углублением в вершине и готовят реакционную смесь, состоящую из $\frac{1}{2}$ чайной ложки нитрата аммония (калия) и $\frac{1}{2}$ чайной ложки сахарного песка, тщательно перетертых в ступке. Затем в углубление горки наливают $\frac{1}{2}$ столовой ложки этилового спирта и насыпают 1 чайную ложку приготовленной нитратно-сахарной смеси. После этого спирт поджигают. Сразу же на поверхности смеси появляются черные шарики обугленного сахарного песка, и вслед за ними вырастает черный блестящий и толстый "червяк", спускающийся с горки.

После выполнения опыта необходимо написать уравнение реакции горения и объяснить наблюдаемые явления.

Опыт 3. Горение глюконата кальция

Таблетку глюконата кальция берут щипцами и вносят в пламя спиртовки. Из таблетки выползает змея, объем которой намного превышает объем исходного вещества. Разложение глюконата кальция, имеющего состав $\text{Ca}[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6]_2$ приводит к образованию оксида кальция, углерода, углекислого газа и воды.

После выполнения опыта необходимо провести расчет продуктов сгорания одной таблетки глюконата кальция и определить процентный состав газообразных веществ.

Опыт 4. "Содовая змея"

В столовую тарелку насыпают 3 – 4 чайные ложки сухого просеянного речного песка и делают из него горку с углублением в вершине. Затем готовят реакционную смесь, состоящую из 1 чайной ложки сахарной пудры и $\frac{1}{4}$ чайной ложки гидрокарбоната натрия (пищевой соды). Пропитывают песок 96 – 98% -ным этанолом и засыпают в углубление горки приготовленную реакционную смесь, а после этого поджигают спирт. Через 3 – 4 минуты на поверхности смеси появляются черные шарики, а у основания горки – черная жидкость. Когда почти весь спирт сгорит, смесь чернеет и из песка медленно выползает извивающаяся толстая черная "гадюка". У основания она окружена воротником догорающего спирта. Дioxid углерода CO_2 , выделяющийся при разложении гидрокарбоната натрия и горении этилового спирта вспучивает горящую массу, заставляя ее ползти, как змея. Чем дольше горит спирт, тем длиннее получается змея, состоящая из карбоната натрия, смешанного с мельчайшими частичками угля, который образуется при окислении сахара.

После выполнения опыта необходимо провести расчет продуктов сгорания 10 г. гидрокарбоната натрия и определить процентный состав сухих продуктов сгорания и объем выделяющегося углекислого газа.

Опыт 5. Горение меди в ацетоне

Медную проволоку накаляют в пламени спиртовки. Стекланный стакан ополаскивают ацетоном и вносят в него проволоку. Внимание! Опыт необходимо производить осторожно, так как ацетон является легковоспламеняющейся жидкостью. Наблюдаемые явления необходимо объяснить и написать уравнение реакции.

Опыт 6. Термическое разложение нитрата калия

Готовят насыщенный раствор нитрата калия. На белый лист бумаги кисточкой наносят рисунок, используя приготовленный раствор. Подготовленный образец сушат и горячей лучинкой инициируют реакцию.

После проведения опыта необходимо объяснить наблюдаемые явления и написать уравнение реакции.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Что называют продуктами сгорания веществ?
2. Каким образом во время пожара продукты сгорания не только осложняют его тушение, но и способствуют распространению?
3. Какие виды горения существуют?
4. В зависимости от чего получается различный по содержанию дым?

Тема - Определение температуры вспышки жидкостей в закрытом тигле

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: *научиться определять температуру вспышки жидкостей в закрытом тигле*

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа

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.

Вспышка – быстрое сгорание газопаровоздушной смеси над поверхностью горючего вещества, сопровождающееся кратковременным видимым свечением.

Значение температуры вспышки следует применять для характеристики пожарной опасности жидкости, включая эти данные в стандарты и технические условия на вещества; при определении категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности в соответствии с требованиями норм технологического проектирования, при разработке мероприятий по обеспечению пожарной безопасности и взрывобезопасности. Допускается использовать экспериментальные и расчетные значения температуры вспышки.

Сущность экспериментального метода определения температуры вспышки заключается в нагревании (диапазон температур от минус 15 до 360°C) определенной массы вещества с заданной скоростью, периодическом зажигании выделяющихся паров и установлении факта наличия или отсутствия вспышки при фиксируемой температуре. Метод не применим для испытания полимеризующихся при нагревании, гидролизующихся и быстро окисляющихся жидкостей.

Установка для проведения измерения

Прибор для определения температуры вспышки устанавливается в вытяжном шкафу и включает в себя следующие элементы:

1. Тигель (рисунок 2.1) высотой (55,9±0,1) мм, внутренним диаметром 50,8 мм, выполненный из коррозионно-стойкого металла, имеет указатель уровня заполнения на глубине 21,8 мм от верхнего края тигля. Тигель снабжен хорошо пригнанной крышкой с мешалкой, открывающейся заслонкой и зажигающей горелкой. Источником пламени в горелке может быть любой горючий газ.

2. Воздушная баня для нагревания тигля с исследуемой жидкостью.

П р и м е ч а н и е . Нагревание тигля с вязкой жидкостью типа лаков, красок, эмалей, нефтяных и аналогичных продуктов (далее – лаков) можно проводить в жидкостной бане достаточной теплоемкости, позволяющей регулировать скорость нагрева в заданном режиме.

3. Термометры типов ТН 1-1, ТН 1-2, ТН - 6 по ГОСТ 400 с делением шкалы не более 1 °С или другие измерители температуры с погрешностью не более указанной.

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

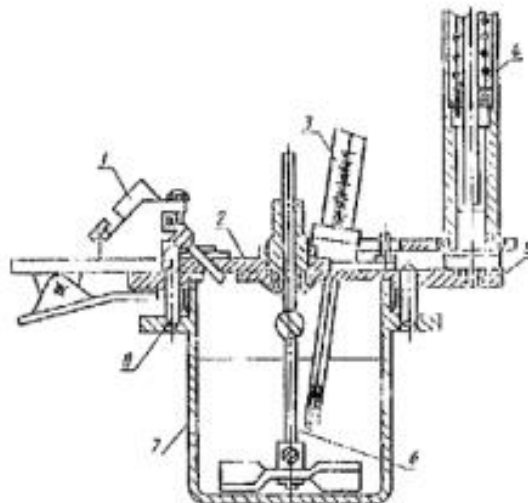


Рисунок 2.1 - Прибор для определения температуры вспышки

- 1 - зажигающая горелка; 2 - заслонка; 3 - термометр; 4 - пружинный механизм;
5 - крышка; 6 - мешалка; 7 - тигель; 8 - штифт-фиксатор крышки.

Порядок проведения работы

1. Устанавливают соответствие исследуемой жидкости паспортным данным.
2. Образец жидкости, имеющей температуру вспышки ниже 50°C , охлаждают до температуры, которая не менее чем на 17°C ниже предполагаемой температуры вспышки. Образцы вязких жидкостей перед испытанием нагреть до достаточной текучести.

3. Исследуемую жидкость наливают в чистый сухой тигель до метки, не допуская смачивания стенок тигля выше указанной метки.

4. Тигель закрывают крышкой и устанавливают в нагревательную баню, вставляют термометр и зажигают горелку, регулируя пламя так, чтобы оно имело форму шара диаметром $(4,0 \pm 0,5)$ мм.

П р и м е ч а н и е . Температуру жидкостной бани при определении температуры вспышки лаков устанавливают примерно на 5°C ниже предполагаемой температуры вспышки.

5. Включают перемешивающее устройство, обеспечивая частоту вращения от 1,5 до $2,0 \text{ с}^{-1}$. При испытании лаков ограничений на частоту вращения мешалки не вводят.

6. Включают обогрев прибора и нагревать исследуемую жидкость со скоростью $5 - 6^{\circ}\text{C}/\text{мин}$. При испытании лаков скорость нагревания должна составлять не более 1°C за 3 мин. При использовании жидкостной бани нагревание вести с такой скоростью, чтобы разница между температурами жидкости в бане и исследуемого образца в закрытом тигле не превышала 2°C .

7. Испытание на вспышку начинают проводить при достижении температуры образца на 17°C ниже предполагаемой температуры вспышки и повторяют через каждый 1°C повышения температуры для жидкостей с температурой вспышки до 104°C и через каждые 2°C – для жидкостей с температурой вспышки более 104°C .

Испытание на вспышку для лаков начинают проводить за 5°C до предполагаемой температуры вспышки и повторяют через каждые $0,5^{\circ}\text{C}$ повышения температуры.

8. В момент испытания на вспышку перемешивание прекращают. Поворотом пружинного механизма открывают заслонку на крышке и опускают пламя горелки внутрь

тигля за время 0,5с, оставляют горелку в нижнем положении 1с и быстро возвращают в исходное положение. Следят за пламенем при открывании и закрывании заслонки.

9. За температуру вспышки принимают показания термометра в момент появления первого пламени над поверхностью жидкости. Вспышку паров исследуемой жидкости над поверхностью крышки тигля не учитывают. Испытание на вспышку (в случае ее отсутствия) прекращают при достижении температуры кипения исследуемой жидкости.

10. Если пламя горелки погасло в момент открывания крышки, результат этого определения не учитывают.

Обработка результатов эксперимента

За температуру вспышки исследуемой жидкости принимают среднее арифметическое значение температур вспышки, полученных на двух образцах при испытании лаков и на 3 образцах при испытании других жидкостей, с поправкой на атмосферное давление. Поправку (Δt) на атмосферное давление в °С вычисляют по формуле

$$\Delta t = 0,27(101,3 - p_{\text{э}}) \quad (2.1)$$

где $p_{\text{э}}$ - атмосферное давление, кПа.

Сходимость и воспроизводимость метода не должна превышать значений, указанных в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Температура вспышки в химических органических вещества и нефтепродуктах

Вещество	Температура вспышки, °С	Допускаемые расхождения	
		сходимость	воспроизводимость
Химические органические вещества	До 104	2,0	3,5
и нефтепродукты	Св. 104	5,5	8,0
Лаки, краски, эмали и аналогичные продукты	-	2,0	3,0

Условия и результаты испытаний оформляются по форме приведенной ниже и делаются выводы по работе:

Наименование, состав и физико-химические свойства исследуемой жидкости

Условия в помещении:

температура, °С _____

атмосферное давление, кПа _____

относительная влажность, % _____

Номер образца для испытания	Скорость нагревания образца, °С×мин ⁻¹	Температура испытания, °С	Результат испытания на вспышку	Температура вспышки, °С	Особенности испытания

$t_{\text{всп}} = t_{\text{всп, средн}} + \Delta t =$ _____

Вывод _____

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Что называют температурой вспышки?
2. Для чего применяют значение температуры вспышки?
3. В чем заключается метод экспериментального определения температуры вспышки?
4. Для каких веществ не применим метод определения температуры вспышки?
5. Какую температуру принимают за температуру вспышки исследуемой жидкости?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

Тема - Определение температуры воспламенения твердых веществ и материалов

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: *научиться определять температуру воспламенения твердых веществ и материалов*

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа

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

Воспламенение – пламенное горение вещества, инициированное источником зажигания и продолжающееся после его удаления.

Значение температуры воспламенения следует применять при определении группы горючести вещества, оценке пожарной опасности оборудования и технологических процессов, связанных с переработкой горючих веществ, при разработке мероприятий по обеспечению пожарной безопасности. Допускается использовать экспериментальные и расчетные значения температуры воспламенения.

Сущность экспериментального метода определения температуры воспламенения заключается в нагревании определенной массы вещества с заданной скоростью, периодическом зажигании выделяющихся паров и установлении факта наличия или отсутствия воспламенения при фиксируемой температуре.

Для определения температуры воспламенения жидкостей опыт проводят в диапазоне температур от минус 15 до 360 °С и не применяют для испытания полимеризующихся при нагревании, гидролизующихся и быстро окисляющихся жидкостей. Для определения температуры воспламенения твердых веществ и материалов проводят в диапазоне температур от 25 до 600 °С и не применяют для испытания металлических порошков.

Установка для проведения измерения

Схема прибора для определения температуры воспламенения приведена на рисунке 3.1

1. Прибор ОТП, представляющий собой вертикальную электропечь с двумя коаксиально расположенными цилиндрами, выполненными из кварцевого стекла. Один из цилиндров внутренним диаметром (80 ± 3) мм, высотой 240 мм является реакционной камерой; второй цилиндр такой же высоты имеет внутренний диаметр (101 ± 3) мм. На цилиндры навиты спиральные электронагреватели общей мощностью не менее 2 кВт, что позволяет создавать температуру рабочей зоны 600°С за время не более 40 мин.

2. Для размещения образца исследуемого вещества (материала), применяют контейнер диаметром (45 ± 1) мм, высотой $(18,0 - 0,4)$ мм, выполненный из стальной сетки или стального листа толщиной не более 0,5 мм. Контейнер устанавливают в кольцо держателя диаметром $(49,0 \pm 0,6)$ мм. Держатель представляет собой металлическую трубку из жаростойкой стали с приваренным в нижней части кольцом для размещения контейнера.

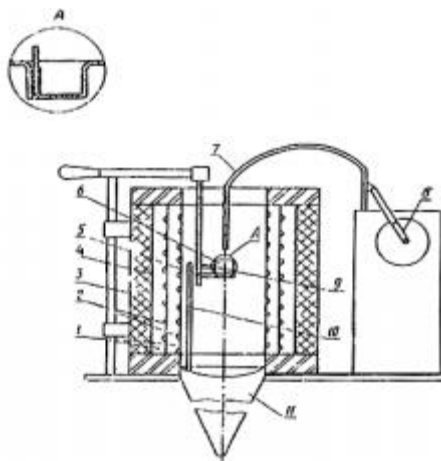


Рисунок 3.1 - Схема прибора для определения температуры воспламенения

1 - стеклянные цилиндры; 2 - спиральные электронагреватели; 3 - теплоизоляционный материал; 4 - стальной экран; 5 - держатель образца; 6 - контейнер; 7 - газовая горелка; 8 - электропривод горелки; 9, 10 - термоэлектрические преобразователи; 11 – ламинатор.

3. Газовая горелка для зажигания образца, представляющая собой трубку внутренним диаметром (6 ± 1) мм. выполнена из жаростойкой стали, запаяна снизу и имеет на боковой поверхности отверстие диаметром $(0,8\pm 0,1)$ мм на расстоянии $(5,0\pm 0,5)$ мм от запаянного конца.

4. Ламинатор, выполненный из листовой жаростойкой стали в форме конуса верхним диаметром не более 78 мм, нижним диаметром не более 11 мм и длиной (500 ± 5) мм служит для подачи естественного потока воздуха в реакционную камеру.

5. Термоэлектрические преобразователи диаметром термоэлектродов не менее 0,5 мм. Термоэлектрический преобразователь 9 служит для измерения температуры образцов и расположен таким образом, чтобы обеспечивался контакт с дном и стенкой контейнера (рис.8). Термоэлектрический преобразователь 10 служит для контроля и регулирования температуры печи и расположен внутри реакционной камеры на расстоянии (140 ± 5) мм от верхнего края камеры и (5 ± 1) мм от стенки камеры. Погрешность измерения регулирующего и регистрирующего температуру приборов не должна превышать 0,5 %.

6. Зеркало для наблюдения за образцом внутри камеры.

7. Секундомер с погрешностью измерения не более 1с.

8. Шаблоны для определения расстояния от нижнего края горелки до поверхности образца и для центровки контейнера внутри камеры.

9. Источник сжатого воздуха для горелки с расходом до $40 \text{ л}\cdot\text{ч}^{-1}$.

Порядок проведения работы

1. Для испытаний готовят 10 – 15 образцов исследуемого вещества (материала) массой по $(3,0\pm 0,1)$ г. Образцы ячеистых материалов должны иметь цилиндрическую форму диаметром (45 ± 1) мм. Пленочные и листовые материалы набирают в стопку диаметром (45 ± 1) мм, накладывая слои друг на друга до достижения указанной массы.

2. Перед испытанием образцы кондиционируют в соответствии с технических условий на материал. Образцы должны характеризовать средние свойства исследуемого вещества (материала).

3. В зависимости от объема образца определяют с помощью шаблона и фиксируют положение контейнера внутри камеры и расстояние между газовой горелкой и поверхностью образца.

4. Пригодность установки к работе, проверяют по стандартному веществу – органическому стеклу (ГОСТ 10667), температура воспламенения которого равна (265 ± 10) °С.

5. Нагревают реакционную камеру до температуры начала разложения исследуемого вещества (материала) или до 300 °С. Регулируя подачу газа и воздуха в горелку, формируют пламя газовой горелки в виде клина длиной (10 ± 2) мм.

6. Извлекают из камеры держатель с контейнером. В контейнер помещают образец за время не более 15 с и вводят его в реакционную камеру. Электропривод газовой горелки включают в заданный режим работы. Периодичность подвода газовой горелки к образцу на расстояние (10 ± 1) мм от его поверхности должна составлять (10 ± 2) с. Наблюдают за образцом в рабочей камере с помощью зеркала. Если при температуре испытания образец воспламенится, то испытание прекращают, горелку останавливают в положении “вне печи”, контейнер с образцом извлекают из камеры. Отмечают в протоколе температуру воспламенения и следующее испытание проводят с новым образцом при меньшей температуре (например, на 50°С меньше). Если в течение 20 мин образец не воспламенится или ранее этого времени полностью прекратится дымовыделение, то испытание прекращают и в отчете отмечают отказ.

За температуру испытания принимают показания термоэлектрического преобразователя, измеряющего температуру образца.

7. Методом последовательных приближений, используя новые образцы и изменяя температуру испытания, определяют минимальную температуру образца, при которой за время выдержки в печи не более 20 мин образец воспламенится и будет гореть более 5 с после удаления горелки, а при температуре на 10°С меньше воспламенение отсутствует.

Обработка результатов эксперимента

За температуру воспламенения исследуемого вещества (материала) принимают среднее арифметическое двух температур, отличающихся не более чем на 10°С, при одной из которых наблюдается воспламенение 3 образцов, а при другой – три отказа. Полученное значение температуры округляют с точностью до 5°С.

Сходимость метода при доверительной вероятности 95 % не должна превышать 7°С. Воспроизводимость метода при доверительной вероятности 95 % не должна превышать 20°С.

Условия и результаты испытаний оформляются по форме приведенной ниже и делаются выводы по работе:

Наименование, состав и физико-химические свойства исследуемого вещества

Условия в помещении: температура, °С _____

атмосферное давление, кПа _____

относительная влажность, % _____

Номер образца для испытания	Температура испытания	Результат испытания	Особенности испытания

Вывод _____

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Что называют температурой воспламенения?
2. Для чего применяют значение температуры воспламенения?
3. В чем заключается сущность экспериментального метода определения температуры воспламенения?
4. В каком диапазоне температур проводят определение температуры воспламенения?
5. Для каких веществ не применим метод определения температуры воспламенения?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

Тема - Определение температуры самовоспламенения газов и жидкостей

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: научиться определять температуру самовоспламенения газов и жидкостей

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа

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

Самовоспламенение – резкое увеличение скорости экзотермических объемных реакций, сопровождающееся пламенным горением и/или взрывом.

Значение температуры самовоспламенения следует применять при определении группы взрывоопасной смеси для выбора типа взрывозащищенного электрооборудования, при разработке мероприятий по обеспечению пожаровзрывобезопасности технологических процессов.

Сущность метода определения температуры самовоспламенения заключается во введении определенной массы вещества в нагретый объем и оценке результатов испытания. Изменяя температуру испытания, находят ее минимальное значение, при котором происходит самовоспламенение вещества.

Установка для проведения измерения

Установка для определения температуры самовоспламенения (рисунок 4.1) должна включать в себя следующие элементы.

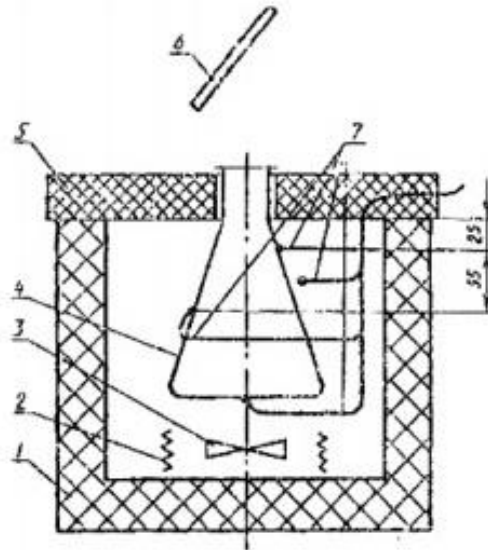


Рисунок 4.1 - Установка для определения температуры самовоспламенения:

1 - корпус термостата; 2 - электрическая спираль нагревателя; 3 - крыльчатка вентилятора; 4 - реакционный сосуд; 5 - крышка термостата; 6 - зеркало; 7 - термозлектрические преобразователи.

1. Реакционный сосуд в виде колбы Erlenmeyer вместимостью 200 см³ из кварцевого стекла (Кн-200 по ГОСТ 19908). Химически чистая колба должна использоваться для испытания каждого вещества и проведения основной серии испытаний.

П р и м е ч а н и е . Если температура самовоспламенения исследуемого вещества превышает температуру размягчения стекла колбы, допускается применять аналогичные колбы из металла (это надо отмечать в протоколе испытаний).

2. Воздушный термостат, обеспечивающий равномерный нагрев колбы до заданной температуры. Колбу следует считать равномерно нагретой и состояние проведения испытания удовлетворительным, если полученные значения температур самовоспламенения соответствуют данным из таблицы 4.1 с допустимыми отклонениями (сходимость метода при доверительной вероятности 95 % не должна превышать 2 %).

3. Для измерения температуры колбы используют калиброванные термоэлектрические преобразователи (один или несколько) максимальным диаметром рабочего спая не более 0,8 мм. Термоэлектрические преобразователи располагают в выбранных точках в тесном контакте с внешней поверхностью колбы. При использовании нескольких термоэлектрических преобразователей за температуру испытания принимают среднее арифметическое значение наименьшей и наибольшей температур по показаниям термоэлектрических преобразователей. Расхождения между показаниями термоэлектрических преобразователей не должно превышать одного процента.

Таблица 4.1 - Значения температур самовоспламенения

Вещество	Температура самовоспламенения, °С
к-Гептан	220
Этилен	435
Бензол	500

П р и м е ч а н и е - Вещества, используемые для проверки работы термостата, должны иметь чистоту не менее 99,9 %.

4. Для дозирования исследуемых веществ применяют шприцы и пипетки. Для дозирования подачи жидкостей используют: а) шприц, вместимостью от 0,25 до 1 см³ (цена деления не более 0,01 см³) с иглой из нержавеющей стали максимальным диаметром 0,15 мм; б) калиброванную пипетку вместимостью 1 см³, обеспечивающую подачу 1 см³ дистиллированной воды в 35-40 капель. Для дозированной подачи газов рекомендуется использовать газонепроницаемый стеклянный калиброванный шприц вместимостью 200 см³ (цена деления не более 10 см³), снабженный трехходовым краном (рисунок 4.2).

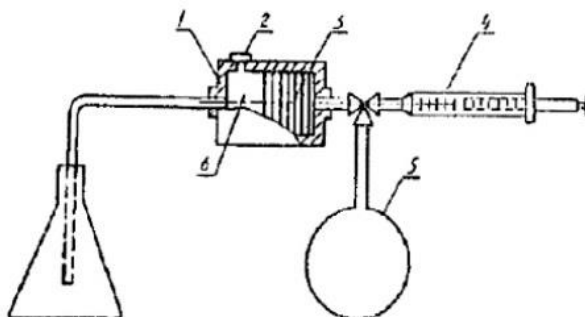


Рисунок 4.2. Установка для дозированной подачи газов

1 - огнепреградитель; 2 - предохранительная мембрана; 3 - пластинки из спеченного стекла (перегородки); 4 - герметичный шприц; 5 - резервуар с газом; 6 - предкамера.

Для дозированной подачи паст, готовых красок, мастик и т. п. веществ готовят несколько навесок, отличающихся друг от друга на 0,05 - 0,10 г с погрешностью не более 0,01 г.

5. Секундомер с погрешностью измерения не более 1с для определения периода индукции.

6. Наблюдение за реакцией в колбе осуществляется датчиком обнаружения пламени или с помощью зеркала, которое устанавливают на высоте (250 ± 10) мм над колбой.

Порядок проведения работы

1. Температуру внутри, термостата предварительно регулируют таким образом, чтобы было обеспечено равномерное нагревание колбы до необходимого значения температуры.

2. Пробу исследуемого вещества (рекомендуемый объем пробы для предварительного испытания жидкостей $0,07 \text{ см}^3$, газов 20 см^3 , паст, мастик и т. п. 0,2 г) вводят в центр колбы за время не более 2 с; пробу газа вводят в колбу с расходом около 25 см^3 . После ввода пробы дозирующее устройство быстро отводят. Во время подачи жидкости следует избегать ее попадания на стенки колбы. Навеску пасты, мастики и т. п. вещества допускается вносить в колбу на алюминиевой фольге.

3. В момент окончания ввода пробы в колбу включают секундомер и наблюдают за содержимым колбы до появления пламени и/или взрыва. В этот момент секундомер останавливают и регистрируют период индукции самовоспламенения. Если пламя и/или взрыв не наблюдается, секундомер останавливают через 5 мин и испытание прекращают.

4. После каждого испытания колбу продувают сухим воздухом, после чего она должна принять необходимую температуру испытания. В случае загрязнения колбы твердыми продуктами сгорания ее очищают или заменяют чистой.

5. Испытания повторяют при различных температурах и с различными объемами проб до достижения минимальной температуры самовоспламенения (что определяют по графику зависимости температуры самовоспламенения от массы пробы, см. рисунок 4.3.)

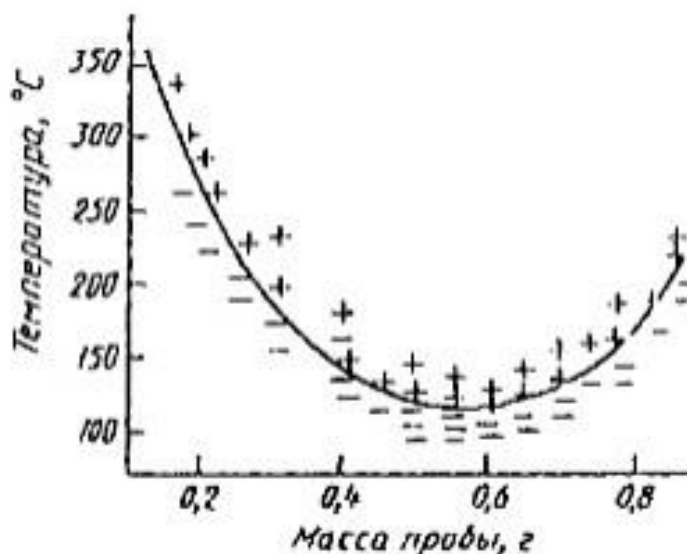


Рисунок 4.3 - График зависимости температуры самовоспламенения от массы пробы

6. Основную серию испытаний проводят с наиболее легко самовоспламеняющимся количеством вещества через интервал температуры 2 °С до тех пор, пока не будет определена наименьшая температура, при которой наблюдается самовоспламенение образца, а при температуре на 2 °С ниже при пятикратном повторении испытания самовоспламенение не происходит.

Обработка результатов эксперимента

За температуру самовоспламенения исследуемого вещества принимают наименьшую температуру испытаний, при которой наблюдалось самовоспламенение образца в условиях, предусмотренных в пункте 6.

Воспроизводимость метода при доверительной вероятности 95 % не должна превышать 5 %.

Условия и результаты испытаний оформляются по форме приведенной ниже и делаются выводы по работе:

Наименование, состав и физико-химические свойства исследуемого вещества

Условия в помещении:

- температура, °С _____
- атмосферное давление, кПа _____
- относительная влажность, % _____

Номер пробы вещества	Количество вещества в пробе, см ³	Температура колбы, °С			Температура испытания, °С	Период индукции, с	Результат испытания
		верх	середина	низ			

Вывод _____

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Что называют температурой самовоспламенения?
2. Для чего применяют значение температуры самовоспламенения?
3. В чем заключается сущность экспериментального метода определения температуры самовоспламенения?
4. Какую температуру принимают за температуру самовоспламенения исследуемого вещества?

Тема - Определение индекса распространения пламени

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: *научиться определять индекс распространения пламени*

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа

Индекс распространения пламени – условный безразмерный показатель, характеризующий способность веществ воспламеняться, распространять пламя по поверхности и выделять тепло. Значение индекса распространения пламени следует применять для классификации материалов:

- не распространяющие пламя по поверхности – индекс распространения пламени равен 0;
- медленно распространяющие пламя по поверхности – индекс распространения пламени св. 0 до 20 включ.;
- быстро распространяющие пламя по поверхности – индекс распространения пламени св. 20.

Сущность метода определения индекса распространения пламени заключается в оценке способности материала воспламеняться, выделять тепло и распространять пламя по поверхности при воздействии внешнего теплового потока.

Установка для проведения измерения

Установка для определения индекса распространения пламени (рисунок 5.1.) включает в себя следующие элементы:

1. Электрическая радиационная панель, состоящая из керамической плиты, в пазы которой уложены спирали из проволоки марки Х20Н80-Н (Сплав с высоким электрическим сопротивлением). Керамическая плита закреплена в теплоэлектроизолированном корпусе, имеющем отверстия для крепления к стойке прибора и колодку подключения электрического питания. Для увеличения мощности инфракрасного излучения и уменьшения влияния потоков воздуха перед керамической плитой установлена сетка из жаропрочной стали.

2. Держатель образца, состоящий из подставки и рамки. Рамку закрепляют на подставке так, чтобы плоскость образца материала, установленного в ней, была наклонена под углом 30° от вертикали в сторону радиационной панели. Держатель образца устанавливают так, чтобы расстояние от края образца, ограниченного рамкой, до сетки радиационной панели составляло 70 мм. Боковая поверхность рамки имеет контрольные деления через каждые (30±1) мм, пронумерованные от нулевого до девятого.

3. Вытяжной зонтик размерами (360х360х700) мм, установленный над держателем образца, служит для сбора и удаления продуктов горения.

4. Термоэлектрический преобразователь диаметром электродов 0,5 мм для замера температуры продуктов горения в центре сечения суженной части вытяжного зонтика.

5. Запальная горелка, установленная перед радиационной панелью таким образом, чтобы расстояние от трубки горелки, находящейся напротив середины нулевого участка, до поверхности испытываемого образца составляло (8 ± 1) мм, а оси пяти отверстий были ориентированы по нормали к поверхности образца. Для стабилизации запального пламени горелка имеет однослойный чехол из металлической сетки. В положении «контроль» горелку выводят за край рамки.

6. Блок питания, состоящий из двух регуляторов напряжения с максимальным током нагрузки не менее 20А и регулируемым выходным напряжением от 0 до 240 В.

7. Секундомер с погрешностью измерения не более 1с.

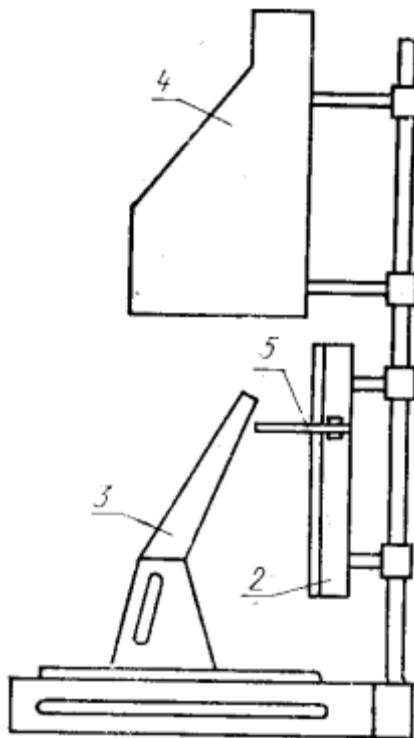


Рисунок 5.1 - Установка для определения индекса распространения пламени. 1 - стойка; 2 - электрическая радиационная панель; 3 - рамка держателя образца; 4 - вытяжной зонт; 5 - запальная горелка.

Порядок проведения работы

1. Для испытаний готовят 5 образцов исследуемого материала длиной (320 ± 2) мм, шириной (140 ± 2) мм. фактической толщиной, но не более 20 мм. Отделочные и облицовочные материалы, а также лакокрасочные и пленочные покрытия испытывают нанесенными на ту же основу, которая принята в реальной конструкции.

2. Образцы кондиционируют в лабораторных условиях не менее 48 ч. Они должны характеризовать средние свойства исследуемого материала.

3. Регулируют расход газа через запальную газовую горелку таким образом, чтобы высота язычков пламени составляла (11 ± 2) мм. После чего запальную горелку выключают и переводят в положение «контроль».

4. Устанавливают перед радиационной панелью в рабочее положение держатель образца с закрепленной асбоцементной плитой, в первом контрольном отверстии которой находится датчик теплового потока. Нагревают радиационную панель, обеспечивая плотность теплового потока в стационарном режиме для первой контрольной точки (32 ± 3)

кВт·м⁻². Плотность теплового потока контролируют датчиком типа Гордона с погрешностью не более ±8%.

П р и м е ч а н и е - Считают, что радиационная панель вышла на стационарный режим, если показания датчика теплового потока достигают заданной величины и остаются неизменными в течение 15 мин.

5. Перестановкой датчика в следующие контрольные отверстия асбоцементной плиты регистрируют профиль падающего теплового потока вдоль поверхности образца. Во второй и третьей точках он должен быть равен соответственно (20±3) и (12,0±1,5) кВт·м⁻².

6. По окончании замеров уровней тепловых потоков датчик снимают и приступают к определению теплового коэффициента установки, характеризующего количество тепла, подводимого к поверхности образца в единицу времени и необходимого для повышения температуры дымовых газов на 1 °С. Для этого перед асбоцементной плитой устанавливают щелевую калибровочную газовую горелку. Переводят в рабочее положение и включают запальную газовую горелку, регистрируя через 15 мин. горения температуру (t_0) в вытяжном зонте. Затем зажигают щелевую калибровочную горелку, регулируя подачу газа с расходом (0,030 ± 0,001) л·с⁻¹. Через 10 мин горения регистрируют температуру (t_1) в вытяжном зонте.

7. Тепловой коэффициент установки (β) вычисляют по формуле:

$$\beta = \frac{qQ}{t_1 - t_0}$$

где q – удельная теплота сгорания газа, кДж·л⁻¹;

Q – расход газа запальной горелки, л·с⁻¹.

В качестве теплового коэффициента установки принимают среднее арифметическое результатов пяти калибровочных испытаний. Перед проведением каждого испытания контролируют плотность теплового потока в первой контрольной точке. Подготовленный к испытаниям образец материала устанавливают в держатель и на поверхность образца наносят риски с шагом (30±1) мм. Зажигают запальную горелку и переводят ее в рабочее положение. Заменяют держатель образца, используемый для контроля тепловых потоков, на держатель с исследуемым образцом за время не более 30 с.

Опыт длится до момента прекращения распространения пламени по поверхности образца. В процессе испытания определяют:

✓ время от начала испытания до момента прохождения фронтом пламени нулевой отметки, τ_0 с;

✓ время прохождения фронтом пламени i -го участка поверхности образца ($i = 1, 2, \dots, 9$) τ_i , с;

✓ расстояние (l) на которое распространился фронт пламени, мм; максимальную температуру дымовых газов t_{\max} °С;

✓ время от начала испытания до достижения максимальной температуры t_{\max} , с.

Во время испытаний материалов и тарировки установки следует включать принудительную вентиляцию помещения, при этом скорость воздушного потока не должна быть более 0,35 м·с⁻¹.

Обработка результатов эксперимента Для каждого образца вычисляют индекс распространения пламени (I) по формуле

$$I = \left[\frac{0,0115\beta}{\tau_0} (t_{\max} - t_0)(\tau_{\max} - \tau_0) \left(1 + 0,2l \sum_{i=1}^n \frac{1}{\tau_i}\right) \right]^{0,5}$$

где 0,0115 – размерный коэффициент, Вт⁻¹;

0,2 – размерный коэффициент, см·м⁻¹

Среднее арифметическое значение индекса 5 испытанных образцов принимают за индекс распространения пламени исследуемого материала.

Сходимость и воспроизводимость метода при доверительной вероятности 95 % не должна превышать 25 %.

Условия и результаты испытаний оформляются по форме приведенной ниже и делаются выводы по работе:

Наименование, состав материала _____

Условия в помещении: температура, °С _____

атмосферное давление, кПа _____

относительная влажность, % _____

Значение теплового коэффициента установки β _____

Номер образца для испытания	Размеры образца, мм	Температура дымовых газов, °С		Время, с										Достижения максимальной температуры дымовых газов	Длина обгоревшего участка образца, мм	Индекс распространения пламени для каждого образца	
				прохождения фронтом пламени i -го участка													
		начальная	максимальная	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9				

Вывод $I =$ _____

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Что называют индексом распространения пламени?
2. Для чего применяют значения индекса распространения пламени?
3. В чем заключается сущность метода определения индекса распространения пламени?
4. Какие параметры определяют в процессе установления индекса распространения пламени?
5. Какие требования предъявляют к образцам исследуемого материала?

Источник

ГОСТ 12.1.044-89 - Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

Тема - Определение выхода летучих веществ, кокса и влажности топлива

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: *освоить метод определения влажности твердого топлива и выхода летучих веществ и кокса для различных видов топлив*

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа

ГОСТ Р 55660-2013 Топливо твердое минеральное. Определение выхода летучих веществ

Топливо при нагревании без доступа воздуха выделяет влагу и распадается на летучие вещества и твердый остаток (кокс). Твердая часть топлива состоит из углерода и золы, а летучая часть – из водорода, метана, тяжелых углеводородов, оксида углерода и других составляющих.

Сущность метода определения выхода летучих веществ и кокса заключается в нагревании навески топлива в закрытом крышкой фарфоровом тигле при температуре 850 °С в течение 7 минут. Выход летучих веществ вычисляют по разности между общей потерей в весе и потерей, происходящей за счет испарения влаги.

Влагу твердого топлива разделяют на внешнюю и внутреннюю (связанная, гигроскопическая), сумма их составляет рабочую влажность топлива.

Внешняя влага удаляется при естественной сушке топлива до равновесного состояния с окружающей средой; такое топливо называется воздушно-сухим. Внутренняя влага удаляется из топлива путем нагревания его в сушильном шкафу при температуре 102 – 105 °С до постоянного веса.

При определении гигроскопической влаги топливо предварительно доводят до воздушно-сухого состояния (аналитическая проба) при вполне определенных условиях окружающей среды – при относительной влажности воздуха 60 + 2% и температуре 20 + 5 °С.

Топливо, лишённое внешней и внутренней влаги, т.е. высушенное в сушильном шкафу до постоянного веса, называется абсолютно сухим топливом.

Порядок проведения работы и обработка результатов эксперимента

Опыт 1. Определение влажности топлива. Взвесив предварительно просушенный стаканчик (бюкс) с притертой крышкой, насыпают в него 1 – 2 г. топлива и снова взвешивают. При этом топливо должно быть предварительно измельчено; опилки берутся в натуральном виде.

Помещают бюкс с топливом с открытой крышкой в заранее нагретый сушильный шкаф для выхода влаги. Во время высушивания топлива следят за температурой воздуха в шкафу, поддерживая её в пределах 102 – 105 °С. При температуре выше 110 °С из топлива могут начать выделяться летучие горючие вещества. Если же температура в шкафу будет ниже 100 °С, то из топлива не выделится вся гигроскопическая влага. После высу-

шивания топлива бюкс вынимают из шкафа, прикрыв его крышкой, чтобы влага из воздуха не попадала в топливо, и помещают в эксикатор на 15 – 20 минут для охлаждения. Для получения более точных данных бюкс с топливом необходимо довести до комнатной температуры, при которой производилось первоначальное взвешивание.

После снижения температуры бюкса его вынимают из эксикатора и взвешивают. Для проверки полного удаления влаги бюкс с топливом снова помещают в сушильный шкаф на 20 – 30 минут и затем вторично охлаждают и взвешивают. Если при этом разница в весе не превышает 0,001 – 0,003 г на 1 г. навески топлива, значит сушка проведена до «постоянного веса». При больших расхождениях указанных весов контрольную сушку повторяют. Вычисление относительной влажности топлива производят по формуле:

$$W = b/a * 100 \quad (6.1)$$

где b - убыль в весе при высушивании топлива, г;
 a - вес пробы топлива до сушки, г.

Зная влажность, исследуемого продукта, легко определить процентное содержание, в нем сухих веществ по формуле

$$C_{св} = 100 - W \quad (6.2)$$

Опыт 2. Определение выхода летучих веществ и кокса. Количество летучих горючих веществ определяется в процентах по весу на горючую V или рабочую V_R массу топлива следующим образом.

Предварительно просушенный тигель с крышкой взвешивают и затем наполняют топливом: измельченным углем в количестве 1г или древесными опилками 5 – 10 г.

Наполненный тигель с крышкой снова взвешивают и подвергают нагреванию. Нагрев пробы ведут в муфельной печи (рис. 6.1). В этих печах тигель устанавливают на специальных подвесах и закрывают печь сверху крышкой, имеющей отверстие.

Во время опыта следят за началом и концом выхода летучих веществ. Согласно действующим стандартам рекомендуемая продолжительная продолжительность нагревания пробы угля весом в 1г – 7 минут. При навеске более 1г и нестандартных размерах тигля об окончании нагревания топлива судят по исчезновению язычков пламени из-под крышки тигля или из отверстия в крышке. Это обычно свидетельствует о завершении сгорания основной массы летучих веществ. Опыт с опилками может продолжаться 15 – 20 мин. Температура при нагревании навески топлива не должна превышать 850 °С, что непрерывно контролируется термоэлектрическим пирометром.

По окончании нагревания топлива тигель вынимают из печи и охлаждают: сначала в воздухе в течение 5 минут, и окончательно в эксикаторе до комнатной температуры. При наличии налета сажи на внешней поверхности тигля опыт бракуется, так как это приводит к искажению весовых соотношений.

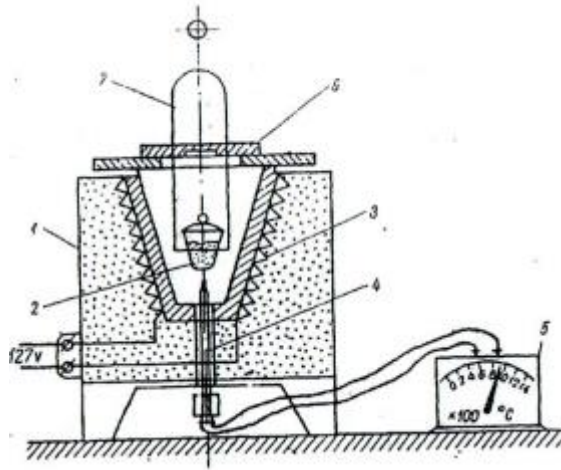


Рисунок 6.1 - Схема установки для определения выхода летучих веществ: 1 – муфельная печь; 2 – тигель с топливом; 3 – нагревательный элемент; 4 – термопара; 5 – потенциометр; 6 – крышка; 7 – подвеска из огнеупорной проволоки.

После охлаждения тигель с коксом взвешивают и определяют искомые величины:

а) Выход летучих веществ из аналитической пробы испытуемого топлива V^a , выраженный в процентах, вычисляют по формуле:

$$V^a = \frac{100(m_2 - m_3)}{m_2 - m_1} - W^a, \quad (6.3)$$

где m_1 - масса пустого тигля с крышкой, г;

m_2 - масса тигля с крышкой и навеской пробы до испытания, г;

m_3 - масса тигля с крышкой и нелетучим остатком после испытания, г;

W^a - массовая доля влаги в аналитической пробе, %, определяемая по [ГОСТ Р 52917](#), [ГОСТ 11014](#) или [ГОСТ 27589](#).

б) выход нелетучего остатка из аналитической пробы испытуемого топлива $(NV)^a$, выраженный в процентах, вычисляют по формуле:

$$(NV)^a = \frac{100(m_3 - m_1)}{m_2 - m_1} \quad (6.4)$$

или по формуле:

$$(NV)^a = 100 - V^a - W^a. \quad (6.5)$$

Если массовая доля диоксида углерода из карбонатов в пробе топлива составляет

более 2%, выход летучих веществ с поправкой на диоксид углерода из карбонатов $V_{CO_2}^a$, выраженный в процентах, вычисляют по формуле:

$$V_{CO_2}^a = V^a - [(CO_2)^a - (CO_2)_{NV} \frac{(NV)^a}{100}], \quad (6.6)$$

где $(CO_2)^a$ - массовая доля диоксида углерода из карбонатов в аналитической пробе, определяемая по [ГОСТ 13455](#), %;

$(CO_2)_M$ - массовая доля диоксида углерода из карбонатов в нелетучем остатке, определяемая по [ГОСТ 13455](#), %.

Результаты испытания вычисляют с точностью до второго десятичного знака, а окончательный результат, представляющий собой среднее арифметическое результатов двух параллельных испытаний, округляют до первого десятичного знака.

Пересчет результатов испытания на другие состояния топлива, отличные от воздушно-сухого, производят по [ГОСТ 27313](#).

Таблица 6.1 - Классификация нелетучего остатка

Тип нелетучего остатка	Признаки
Порошкообразный слипшийся	При легком надавливании пальцем рассыпается в порошок
Слабоспекшийся	При легком надавливании пальцем раскалывается на отдельные кусочки
Спекшийся, не сплавленный	Для раскалывания на отдельные кусочки необходимо приложить усилие
Сплавленный, вспученный	Вспученный нелетучий остаток с серебристым металлическим блеском поверхности высотой менее 15 мм
Сплавленный, сильно вспученный	Вспученный нелетучий остаток с серебристым металлическим блеском поверхности высотой более 15 мм

По итоговым результатам опытов сделать выводы об исследуемом топливе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. В чем заключается сущность метода определения выхода летучих веществ и кокса?
2. В чем заключается сущность метода определения влажности топлива?
3. Какое топливо называют абсолютно сухим топливом?
4. Что называют рабочей влажностью топлива?
5. В каких пределах должна поддерживаться температура для определения влажности топлива?

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кириллов Ю.Ю. Организация службы и подготовки подразделений пожарной охраны: учебное пособие. Волгоград: ВолгГАСУ, 2014. 126 с.
2. Осипенко В.В. Промышленная экология. Практические работы по промышленной экологии: учеб. пособие. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2013. 73 с.
3. Осипенко В.В. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «История отрасли». Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2015. 116 с.
4. Осипенко В.В. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «История охраны труда». Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2015. 100 с.
5. Осипенко В.В., Широбокова О.Е. Методические указания к выполнению курсового проекта (работы) по дисциплине «Промышленная экология». 2-е изд., перераб. и доп. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2015. 44 с.
6. Тактическая подготовка должностных лиц органов управления силами и средствами на пожаре: учебное пособие / В.В. Теребнев, А.В. Подгрушный, А.В. Теребнев, В.А. Грачев. М.: Академия ГПС МЧС России, 2010. 301 с.
7. Теребнев В.В., Грачев В.А., Теребнев А.В. Организация службы начальника караула пожарной части. М.: Пожкнига, 2006. 130 с.
8. Харисов Г.Х., Калайдов А.Н., Фирсов А.В. Организация и ведение аварийно-спасательных работ: учеб. пособие. М.: Академия ГПС МЧС России, 2011. 271 с.
9. Сборник заданий для практических занятий по дисциплине «Организация и ведение аварийно-спасательных работ»: учеб.-метод. пособие / Г.Х. Харисов, А.Н. Калайдов, А.Н. Неровных, А.В. Фирсов. М.: Академия ГПС МЧС России, 2011. 51 с.
10. Пожарно-строевая подготовка: учебное пособие / В.В. Теребнев, В.А. Грачев, А.В. Подгрушный, А.В. Теребнев. М.: Академия ГПС; Калан-Форт, 2004. 336 с.; ил.
11. Теребнев В.В. Подготовка спасателей-пожарных. М.: Центр Пропаганды, 2007. 276 с.
12. Корольченко А.Я., Корольченко Д.А. Основы пожарной безопасности предприятия. Полный курс пожарно-технического минимума: учебное пособие. М.: ООО "Пож-Наука", 2006. 320 с.
13. Учебник спасателя / С.К. Шойгу и др. М.: МЧС России, 2002.
14. www.mchs.ru - Материалы с сайта МЧС России.
15. www.agps-mirb.ru - Материалы с сайта научно-технического журнала АГПС МЧС России.
16. <http://www.32.mchs.gov.ru/> - Материалы с сайта МЧС России по Брянской обл.
17. <http://base.garant.ru/10104543/2/> - Информационно-правовой портал ГАРАНТ.
18. <http://base.consultant.ru> - Консультант Плюс.

Учебное издание

Владислав Владимирович Осипенко

Григорий Вячеславович Шкуратов

ТЕОРИЯ ГОРЕНИЯ И ВЗРЫВА

Методические указания

для выполнения лабораторных и самостоятельных работ
по дисциплине "Теория горения и взрыва"

для студентов специальности
20.02.04 Пожарная безопасность

Редактор Павлютина И.П.

Подписано в печать 8.06.2018 г. Формат А5.

Усл. печ. л. 1,74. Тираж 25 экз. Изд. №.6097.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365, Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянск