

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

Кафедра химии

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВСПЫШКИ И ВОСПЛАМЕНЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Методические указания к выполнению лабораторной работы

Нижний Новгород
ННГАСУ
2010

УДК 665.664.23.061.54:(665.775.4:665.7.035.6)

Определение температуры вспышки и воспламенения органических соединений. Методические указания к выполнению лабораторной работы. Нижний Новгород. Издание ННГАСУ, 2010.

Приведена классификация жидких индивидуальных органических соединений и многокомпонентных углеводородных смесей по пожаровзрывоопасности. Дано описание лабораторной работы и методические указания для определения температуры вспышки, воспламенения органических веществ.

Составители:	доцент, к.х.н. инженер ст. преподаватель	Колмаков Г.А. Кочеткова М.А. Шубников И.А.
Редактор	профессор, д.х.н.	Яблоков В.А.

Подписано к печати «_____» _____ 2010 г.

Бумага газетная. Печать офсетная.

Усл.печ.л. _____ Уч.-изд. печ.л. _____

Формат 60x90 1/16

Тираж 150 экз. Заказ № _____

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет
603000, Н.Новгород, ул. Ильинская, 65.

Полиграфический центр Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета, 603000, Н.Новгород, ул. Ильинская, 65.

© Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2010

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Пожаровзрывоопасность веществ и материалов есть совокупность свойств, характеризующих их способность к возникновению и распространению горения. Следствием горения, в зависимости от его скорости и условий протекания, могут быть диффузионное горение, например пожар или дефлаграционное горение предварительно перемешанной смеси горючего с окислителем (взрыв) [1].

Все вещества и материалы подразделяют на три группы по *горючести – способности веществ и материалов к горению*,:

- *негорючие (несгораемые) – вещества и материалы, не способные к горению в атмосфере кислорода*. Негорючие вещества могут быть пожаровзрывоопасными. К таким соединениям относятся окислители или вещества, выделяющие горючие продукты при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом. Например, металлический натрий – негорючее вещество, но при контакте с водой реагирует с выделением водорода. Водород в смеси с кислородом воздуха может привести к цепному взрыву.

- *трудногорючие (трудносгораемые) – вещества и материалы, способные гореть в воздухе при воздействии источника зажигания, но не способные самостоятельно гореть после его удаления*.

Промасленную и трудновоспламеняемую ветошь запрещается хранить вблизи баллонов с кислородом во избежание горения, сопровождающегося взрывом.

- *горючие (сгораемые) – вещества и материалы, способные самовозгораться, а также возгораться при воздействии источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления*.

К таким материалам относятся:

а) лакокрасочные материалы, сухая древесина, пластмасса, а также индивидуальные органические соединения и

их смеси, воспламеняющиеся и продолжающие гореть после удаления внешнего источника зажигания;

б) мелкодисперсная угольная (мучная, сахарная) пыль в присутствии кислорода воздуха может привести к цепному взрыву;

в) пирофорные металлы – порошки с высокоразвитой поверхностью способные при горении способны привести к тепловому взрыву;

г) мазут – жидкий нефтепродукт, возгорающийся от внешнего источника зажигания. Самостоятельно горит после удаления пламени.

д) горючие жидкости с температурой вспышки не более 28°C относят к особо опасным легковоспламеняющимся жидкостям (ЛВЖ). К ним относится, например бензол, имеющий температуру вспышки в открытом тигле -11°C [1, 2].

Результаты оценки группы горючести следует использовать при классификации веществ и материалов по горючести в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.004-91 [3].

Сущность экспериментального метода определения горючести заключается в создании температурных условий, способствующих горению, и оценке поведения исследуемых веществ и материалов в этих условиях.

Некоторые понятия и определения

Горение – экзотермическая реакция, протекающая с выделением тепла и света.

Температура вспышки – это наименьшая температура вещества в конденсированном состоянии, 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 пожароопасности жидкости в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.004-91 [3] и ГОСТ 12.1.010-76 [4].

Сущность экспериментального метода определения температуры вспышки заключается в нагревании определенной массы вещества с заданной скоростью и периодическом зажигании выделяющихся паров с целью обнаружения вспышки при фиксируемой температуре.

Вспышка и температура вспышки горючего вещества фиксируются в том случае, когда концентрация горючего вещества в воздухе становится достаточной для кратковременного поддержания горения, например, в течение одной секунды.

Из-за сложностей прямого измерения температуры вспышки газов и паров, за неё принимают минимальную температуру стенки реакционного сосуда, при которой наблюдают вспышку. При этом следует учитывать возникновение градиента температур в направлении от стенки сосуда (тигля) к его центру. Измеряемая температура зависит от условий теплообмена как внутри реакционного сосуда, так и самого сосуда с окружающей средой, объема смеси, а также каталитической активности стенки сосуда и ряда других параметров.

Выше приведенная методика используется для определения температур вспышки и воспламенения различных марок автомобильных бензинов, дизельных топлив, авиационных керосинов (топливо для реактивных двигателей ТС-1), моторных масел МГД-14М; трансмиссионных ТМ-5; масел для гипоидных передач и др.

Температуры вспышки некоторых веществ – этилового эфира: - 41°С [5]; бензола: -11°С [2]; толуола: 4°С [6]; керосина: 28°С [7]; вазелинового масла: 135°С, машинного масла: 170°С, цилиндрического масла: 210°С [1].

Воспламенение – это пламенное горение вещества, инициированное источником зажигания и продолжающееся после его удаления не менее 5 с.

Температура воспламенения – это 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.

Значение температуры воспламенения следует изменять при определении группы горючести вещества в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.004-91 [3] и ГОСТ 12.1.010-76 [4].

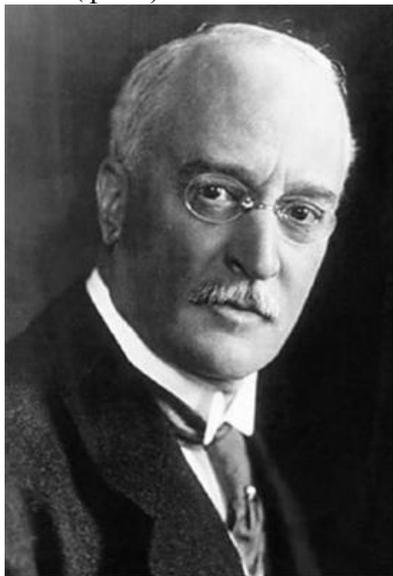
Роль воспламенителя может выполнять пламя, искра, накалившее тело или механическое воздействие в результате резкого сжатия горючей смеси (так происходит воспламенение горючей смеси в дизельном двигателе) или, например, трение различных материалов друг о друга.

При воспламенении необходимо, чтобы концентрации горючего и окислителя находилась в определенном соотношении.

Температура самовоспламенения – это температура, при которой пары вещества в условиях специальных лабораторных испытаний воспламеняются самопроизвольно без поднесения внешнего источника зажигания.

Другими словами, – это наименьшая температура горючего вещества, при достижении которой происходит резкое увеличение скоростей экзотермических объемных реакций, приводящее к возникновению пламенного горения или теплового взрыва.

Типичным примером процесса самовоспламенения является работа двигателя внутреннего сгорания, предложенного в XIX в. немецким инженером Рудольфом Дизелем (фото).



Рудольф Дизель (1858 – 1913)

торного двигателя внешний источник зажигания в дизеле отсутствует [8].

Двигатели внутреннего сгорания, работающие по принципу Дизеля, находят широчайшее применение в автомобилестроении – грузовики, автобусы, трактора, тягачи, военная техника, судовые дизели, передвижные электростановки (дизели-генераторы) и мн. др.

Особенности горения органических жидкостей

Горение органических жидкостей имеет специфические особенности. Горят пары органического соединения, смешивающиеся с кислородом воздуха над поверхностью

Принцип действия такого двигателя основан на всасывании очищенного атмосферного воздуха в цилиндр, с последующим сжатием поршнем до давления порядка 140 атм. Разогревание воздуха происходит до температуры воспламенения в результате резкого сжатия.

Топливо впрыскивается в момент приближения поршня к верхней мертвой точке такта сжатия, превращается из жидких капель в пар и реагирует с раскаленным кислородом воздуха.

В отличие от карбюраторного

жидкой фазы в открытой емкости. При этом температура жидкости ниже температуры её кипения.

Развитие процесса горения зависит от соотношения скорости испарения топлива ($W_{\text{исп}}$) и скорости его горения ($W_{\text{гор}}$). Если $W_{\text{исп}} < W_{\text{гор}}$, то процесс протекает как вспышка без воспламенения. Даже в присутствии постоянно действующего источника воспламенения (например, накаливаемого тела) периодически происходит воспламенение испарившейся части топлива и прекращение процесса. Вспышка возобновляется, когда концентрация топлива в газовой фазе снова достигнет нижнего предела воспламенения. Лимитирующей стадией такого повторяющегося процесса является испарение жидкости. Процесс протекает в диффузионной области.

При увеличении температуры жидкости частота вспышек возрастает, и при достижении некоторой температуры (*температуры воспламенения*) процесс горения становится постоянным. Для воспламенения необходимо соблюдение условия $W_{\text{исп}} \geq W_{\text{гор}}$.

Температура жидкости, при которой над поверхностью создается концентрация насыщенного пара, равная нижнему пределу воспламенения, называется *нижним температурным пределом воспламенения* (НТПВ).

Температура жидкости, при которой над поверхностью создается концентрация насыщенного пара, равная верхнему пределу воспламенения, называется *верхним температурным пределом воспламенения* (ВТПВ). Так для ацетона НТПВ равен -20°C , а ВТПВ $+6^{\circ}\text{C}$. Температурные пределы являются термодинамическими параметрами.

Температурные пределы воспламенения используют для оценки пожарной опасности жидкостей и технологических процессов, связанных с их применением, при расчете безопасных режимов работы технологических аппаратов и

пожароопасности складских емкостей с жидкостями и летучими твердыми веществами.

Температурные пределы можно рассчитать. Для этого используются концентрационные пределы воспламенения и температурная зависимость давления насыщенного пара от температуры.

Температура вспышки является самой низкой температурой, при которой над поверхностью жидкости образуются пары, способные вспыхивать на воздухе от источника зажигания, но скорость образования пара недостаточна для постоянного устойчивого горения.

В соответствии с международными рекомендациями легко воспламеняющиеся жидкости делятся на три разряда:

1 разряд. *Особо опасные* ЛВЖ. К ним относятся жидкости с температурой вспышки от 18°C и ниже в закрытом тигле и от 13°C и ниже в открытом тигле;

2 разряд. *Постоянно опасные* ЛВЖ. К ним относятся жидкости с температурой вспышки от 18°C до 23°C в закрытом тигле или от 13°C до 27°C и ниже в открытом тигле;

3 разряд. ЛВЖ, *опасные при повышенной температуре* воздуха. К ним относятся жидкости с температурой вспышки от 23°C до 61°C в закрытом тигле или от 27°C до 66°C в открытом тигле.

В зависимости от температуры вспышки устанавливают безопасные способы хранения, транспортирования и применения жидкостей для различных целей. Для соединений одного гомологического ряда температура вспышки закономерно возрастает с увеличением молярной массы (табл. 1).

Следует отметить, что в отличие от описанного выше понятия температуры вспышки, температура самовоспламенения уменьшается с ростом молекулярной массы испытуемого вещества.

Температура же воспламенения жидкостей для ЛВЖ отличается от температуры вспышки на 1-3°C, для ГЖ – на 30-35°C.

Т а б л и ц а 1.

Температура вспышки спиртов в зависимости от молярной массы химического соединения

Спирт	Брутто-формула	Молярная масса, г/моль	Температура, °С		
			Кипения	Вспышки	Самовоспламенения
Метиловый [9]	CH ₃ OH	32	65	15.6	464.0
Этиловый [10]	C ₂ H ₅ OH	46	78.4	13.0	404.0
н-Пропиловый [11]	C ₃ H ₇ OH	60	97.4	15.0-32.9	370.0-540.0
н-Бутиловый [12]	C ₄ H ₉ OH	74	117.4	34.0	345.0
н-Амиловый [13]	C ₅ H ₁₁ OH	88	137.8	49.0	300.0

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

«Определение температуры вспышки и воспламенения в открытом тигле»

Целью настоящей работы является экспериментальное определение температуры вспышки и воспламенения нефтяного битума в открытом тигле, а также теоретический расчет температуры вспышки данного нефтепродукта в закрытом тигле.

Испытания осуществляют на аппаратах типов ТВО, ТВ-2 или АТВО (АТВ-2). Для проведения данной работы используется прибор – ТВО, общий вид которого представлен на рис. 1.

Технические характеристики прибора

1. Аппарат обеспечивает испытание нефтепродуктов с температурой вспышки и воспламенения от 79 до 360°C, при температуре окружающего воздуха от 10 до 35°C.
2. Основные элементы прибора:
 - тигель бронзовый – материал Н62, $d_{\text{внутр.}} = 63.5 \pm 0.25$ мм; глубина 33 мм;

- устройство поджига: верхняя трубка, регулятор расхода газа, вращающаяся трубка поджига (фитиль), $d_{\text{внутр.}} = 0.6-0.8$ мм;
- нагреватель с регулировкой;
- термометр лабораторный ТН-7;
- главный выключатель.

3. Питание:

- напряжение – 220В, 50 Гц;
- мощность – 400 Вт;
- расход газа – не более $8.5 \cdot 10^{-6}$ м³/с.

Габаритные размеры – 320x260x480 (Д×Ш×В); масса – 4.5 кг.

ГОСТ 4333-87 [14] устанавливает методы определения температур вспышки и воспламенения нефтепродуктов в открытом тигле по методам Кливленда и Бренкена. В ходе эксперимента измеряются минимальные температуры, при которых наблюдаются вспышка и воспламенение испытуемого нефтепродукта, нагреваемого в открытом тигле со строго фиксированной скоростью.

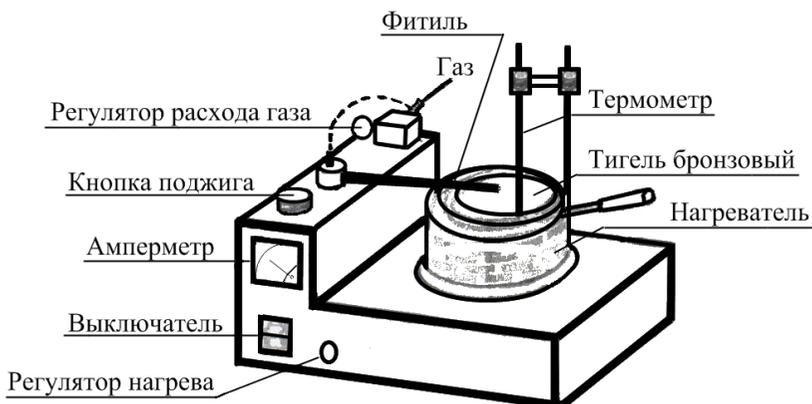


Рис. 1. Общий вид аппарата ТВО для определения температуры вспышки в открытом тигле.

Рекомендации к выполнению работы

Для определения температуры вспышки паров, когда последняя даже приблизительно не известна, рекомендуется провести ускоренное определение. Для этого ручку регулировки нагрева нужно установить в положение максимума (рис. 1). Через каждые 5-10°С с помощью кнопки выключения вращения трубки поджига, проводить пламя над тиглем с испытуемым нефтепродуктом.

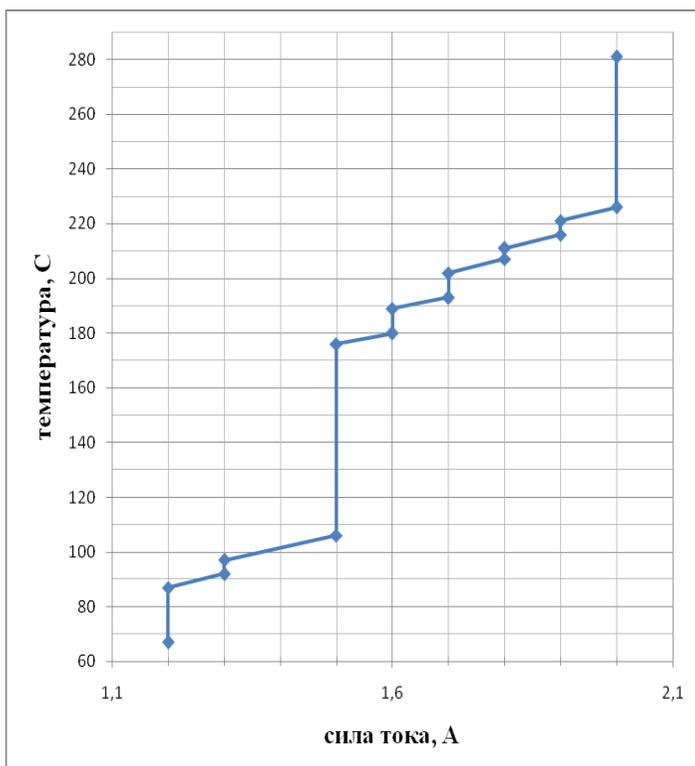


Рис 2. Градуировочная зависимость температуры (°С) от силы тока (А).

При появлении вспышки отвести пламя от тигля и отключить нагрев. Затем, для точного определения темпера-

туры вспышки или воспламенения проводят повторный эксперимент с меньшим температурным шагом в более узком диапазоне температур.

Для выбора положения ручки регулятора нагрева рекомендуется построить градуированные графики (рис. 2) скорости нагрева по положению стрелки амперметра (6) – 4-5 положений.

Для этого необходимо (рис. 3-5) налить до риски (1), нефтепродукт с высокой температурой вспышки ($\sim 400^{\circ}\text{C}$) и произвести его нагрев при разных показаниях амперметра (0.5; 1.0; 1.5... А).

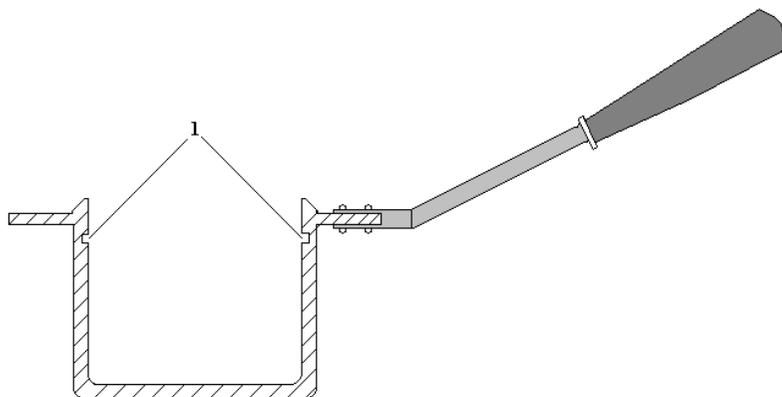


Рис. 3. Тигель бронзовый в разрезе для определения температуры вспышки и воспламенения горючих жидкостей [14].

1 – метка (риска) для контроля необходимого уровня анализируемой горючей жидкости.

По оси абсцисс откладывать показания амперметра, а по оси ординат температуру продукта по термометру. Нужно стараться подкручивать ручку регулировки нагрева так, чтобы сохранить начальную скорость нагрева продук-

та до конца (300-400°С) испытания (скорость нагрева контролируется секундомером).

После этого уже для точного определения температуры вспышки по ИСО 2592-2000 необходимо провести горизонтальную прямую соответствующую температуре вспышки образца до пересечения с нужной градуировочной кривой. Из точки пересечения провести вертикальную прямую до пересечения с осью абсцисс, величины тока нагрева, которая будет соответствовать оптимальной скорости нагрева.

Задание:

- получить у дежурного инженера образец нефтяного битума;
- подготовить в соответствии с методическим руководством 3 пробы;
- определить температуры вспышки и воспламенения битума в открытом тигле, используя описанный выше прибор ТВО. Полученные данные сравнить с нормативными показателями ГОСТ по соответствующему параметру.

Методика выполнения работы:

1. В тигель помещают термометр в строго вертикальном положении, так чтобы нижний конец термометра находился на расстоянии 6 мм от дна тигля и на равном расстоянии от его центра и стенок.

Для удобства установки термометра на одинаковом строго фиксированном расстоянии от дна тигля рекомендуется использовать так называемый «щуп», изготовленный из стекла (рис. 4). Толщина его рабочей части составляет 6 мм. На дно тигля опускают щуп, после чего устанавливают термометр так, чтобы ртутьсодержащий шарик касался верхней рабочей поверхности щупа. Термометр фикс-

сируют в штативе в соответствии с изложенными выше указаниями и щуп вынимают. Не допускается смачивание стенок тигля выше контрольной риски (т.е. выше уровня жидкости).

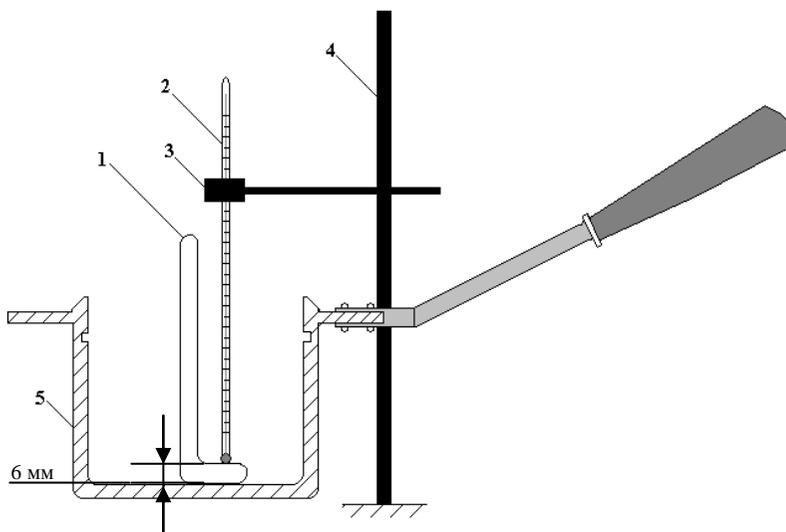


Рис. 4. Установка термометра в приборе с помощью «щупа».

- 1 – щуп стеклянный (рабочая поверхность – 6 мм);
- 2 – термометр лабораторный ТН-7;
- 3 – лапка штатива;
- 4 – штатив лабораторный;
- 5 – тигель бронзовый.

2. Тигель с пробой нагревают при помощи электрообогрева сначала со скоростью $14-17^{\circ}\text{C}$ в минуту. Когда температура пробы будет приблизительно на 56°C ниже предполагаемой температуры вспышки, скорость подогрева регулируют так, чтобы последние 28°C перед температурой вспышки нефтепродукт нагревался со скоростью $5-6^{\circ}\text{C}$ в минуту.

3. Зажигают пламя зажигательного устройства и регулируют его таким образом, чтобы размер диаметра пламени был примерно 4 мм.

4. Начиная с температуры, не менее чем на 28°C ниже температуры вспышки, каждый раз применяют зажигательное устройство при повышении температуры пробы на 2°C . Пламя зажигательного устройства перемещают в горизонтальном направлении, не останавливаясь над краем тигля, и проводят им над центром тигля в одном направлении в течение 1 с.

При последующем повышении температуры перемещают пламя зажигания в обратном направлении.

5. Тигель заполняют нефтепродуктом (рис. 5) так, чтобы верхний мениск точно совпадал с меткой.

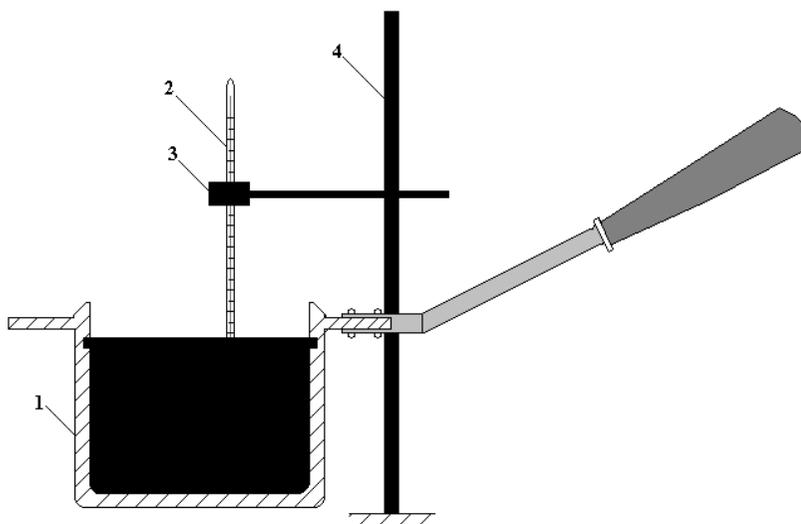


Рис. 5. Тигель, заполненный нефтепродуктом (битумом).

6. За температуру вспышки принимают температуру, показываемую термометром при появлении первого синего

пламени над частью или над всей поверхностью испытуемого нефтепродукта.

В случае появления неясной вспышки она должна быть подтверждена последующей вспышкой через 2°С. Голубой круг (ореол), который иногда образуется вокруг пламени зажигания, во внимание не принимают.

7. Для определения температуры воспламенения продолжают нагрев пробы со скоростью 5-6°С в минуту и повторяют испытание пламенем зажигательного приспособления через каждые 2°С подъема температуры нефтепродукта.

За температуру воспламенения принимают температуру, показываемую термометром в тот момент, в который испытуемый нефтепродукт при поднесении к нему пламени зажигательного приспособления загорается и продолжает гореть не менее 5 с.

Обработка результатов эксперимента

1. Если барометрическое давление во время испытания ниже чем 95.3 кПа (715 мм рт.ст.), то необходимо к полученным значениям температуры вспышки и температуры воспламенения ввести соответствующие поправки по табл. 2.

Т а б л и ц а 2.

Температурные поправки, нормированные требованиями ГОСТ

Барометрическое давление, кПа (мм рт.ст.)	Поправка, °С
от 95.3 до 88.7 (от 715 до 665)	+2
от 88.6 до 81.3 (от 664 до 610)	+4
от 81.2 до 73.3 (от 609 до 550)	+6

2. За результат испытания принимают среднее арифметическое значение результатов двух определений, округленное до целого числа и выраженное в градусах Цельсия.

Точность метода

Два результата испытаний, полученные одним исполнителем, признаются достоверными (с 95%-ной вероятностью), если расхождение между ними не превышает значений, указанных в табл. 3.

Т а б л и ц а 3.

Сходимость результатов эксперимента

Наименование показателя	Сходимость, °С
Температура вспышки	5
Температура воспламенения	8

ПРИЛОЖЕНИЕ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУРЫ ВСПЫШКИ ЖИДКОСТЕЙ

1. Методы расчета температуры вспышки индивидуальных жидкостей в закрытом тигле.

1.1. Температуру вспышки жидкостей ($t_{всп}$) в °С, имеющих нижеперечисленные виды связей (табл. 1), вычисляют по уравнению (1):

$$t_{всп.} = a_o + a_1 t_{кип.} + \sum_{i-\eta}^n a_j l_j, \quad (1)$$

где a_o – размерный коэффициент, равный минус 73,14 °С;

a_1 – безразмерный коэффициент, равный 0,659;

$t_{кип}$ – температура кипения исследуемой жидкости, °С;

a_j – эмпирические коэффициенты, приведенные в табл. 4;

l_j – количество связей вида j в молекуле исследуемой жидкости.

Средняя квадратическая погрешность расчета (d) по формуле (1) составляет 13 °С.

Т а б л и ц а 4

Вид связи	$a_j, ^\circ\text{C}$	Вид связи	$a_j, ^\circ\text{C}$
C - C	-2,03	C - Cl	15,11
C \equiv C	-0,28	C - Br	19,40
C = C	1,72	C - Si	-4,84
C - H	1,105	Si - H	11,00
C - O	2,47	Si - Cl	10,07
C = O	11,60	N - H	5,83
C - N	14,15	O - H	23,90
C \equiv N	12,13	S - H	5,64
C - S	2,09	P - O	3,27
C = S	-11,91	P = O	9,64
C - F	3,33		

1.2. Для нижеперечисленных классов веществ температуру вспышки в $^\circ\text{C}$ вычисляют по уравнению (2):

$$t_{всп} = a + bt_{кун}, \quad (2)$$

где a , b – эмпирические коэффициенты, приведенные в табл. 5 вместе со средними квадратическими погрешностями расчета d .

Т а б л и ц а 5

Класс вещества	Коэффициенты		d, °C
	a, °C	b	
Алканы	-73,22	0,693	1,5
Спирты	-41,69	0,652	1,4
Алкиланилины	-21,94	0,533	2,0
Карбоновые кислоты	-43,57	0,708	2,2
Алкилфенолы	-38,42	0,623	1,4
Ароматические углеводороды	-67,83	0,665	3,0
Альдегиды	-74,76	0,813	1,5
Бромалканы	-49,56	0,665	2,2
Кетоны	-52,69	0,643	1,9
Хлоралканы	-55,70	0,631	1,7

1.3. Если для исследуемой жидкости известна зависимость давления насыщенного пара от температуры, то температуру вспышки в °C вычисляют по формуле (3), средняя квадратическая погрешность расчета которой составляет 13 °C:

$$t_{всп.} = \frac{A_B}{p_{всп.} D_o \beta} - 273, \quad (3)$$

где A_B – константа, равная 280 кПаЧсм²Чс⁻¹ЧК;
 $p_{всп.}$ – парциальное давление пара исследуемой жидкости при температуре вспышки, кПа;

D_o – коэффициент диффузии пара в воздухе, $\text{см}^2\text{с}^{-1}$;
 b – стехиометрический коэффициент кислорода в реакции горения, определяемый по формуле (4):

$$b = m_C + m_S + 0,25(m_H - m_X) - 0,5m_O + 2,5m_P, \quad (4)$$

где $m_C, m_S, m_H, m_X, m_O, m_P$ – число атомов соответственно углерода, серы, водорода, галоида, кислорода и фосфора в молекуле жидкости.

2. Методы расчета температуры вспышки смесей горючих жидкостей в закрытом тигле

2.1. Температуру вспышки смесей горючих жидкостей ($t_{всн.}$) в °С вычисляют по формуле (5):

$$\sum_{i=1}^k x_i \exp \left[\frac{\Delta H_{всн.i}}{R(t_{всн.i} + 273)} - \frac{\Delta H_{всн.i}}{R(t_{всн.СМ} + 273)} \right] = 1, \quad (5)$$

где:

x_i – мольная доля i -го компонента в жидкой фазе;

$\Delta H_{всн.i}$ – мольная теплота испарения i -го компонента, кДж/моль⁻¹;

$t_{всн.i}$ – температура вспышки i -го компонента, °С;

R – универсальная газовая постоянная.

Значение $\frac{\Delta H_{всн.i}}{R}$ может быть вычислено по итерполяционной формуле (6):

$$\frac{\Delta H_{всн.i}}{R} = -2918,6 + 19,6(t_{кип.i} + 273), \quad (6)$$

где $t_{кип.i}$ – температура кипения i -го компонента, °С.

Средняя квадратическая погрешность расчета по формуле (5) составляет 9 °С.

2.2. Если для компонентов смеси известна зависимость давления насыщенного пара от температуры, то температуру вспышки смеси вычисляют по формуле (7):

$$\sum_{i=1}^k \left[\frac{x_i \cdot 10^{a_i} (1612 - \Theta_i)}{1642 - \Theta_{CMi}} \right] = 1, \quad (7),$$

где:

$$a_i = \frac{B_i (\Theta_{CMi} - \Theta_i)}{\Theta_{CMi} - \Theta_i}$$

Средняя квадратическая погрешность расчета по формуле (7) составляет 11 °С.

3. Методы расчета температуры вспышки индивидуальных жидкостей в открытом тигле.

Температуру вспышки в открытом тигле вычисляют по уравнению (1):

$$t_{всп.} = a_o + a_1 t_{кип.} + \sum_{j=1}^n a_j l_j \quad (1),$$

где a_o - размерный коэффициент, равный минус 73,14 °С;

a_1 - безразмерный коэффициент, равный 0,659;

$t_{кип.}$ - температура кипения исследуемой жидкости, °С;

a_j - эмпирические коэффициенты, приведенные в табл. 1;

l_j - количество связей вида j в молекуле исследуемой жидкости.

Средняя квадратичная погрешность расчета (d) по уравнению (1) составляет 13 °С.

Температуру вспышки жидкостей ($t_{всп.}$) в °С, имеющих нижеперечисленные виды связей (табл. 1), вычисляют по уравнению (1), используя величины эмпирических коэффициентов из табл. 2.

Коэффициенты a_0 и a_1 при расчете температуры вспышки в открытом тигле равны соответственно (-73 °С) и 0,409. Средняя квадратичная погрешность расчета составляет 10 °С.

3.2. Если для исследуемой жидкости известна зависимость давления насыщенного пара от температуры, то температуру вспышки в открытом тигле вычисляют по формуле (3), где $A_B = 427 \text{ кПа} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{Ч}^{-1} \cdot \text{К}$.

Средняя квадратичная погрешность расчета составляет 13 °С.

Литература:

1. Корольченко А.Я., Корольченко Д.А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник: в 2-х ч. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Асс. "Пожнаука", 2004. – Ч. I. – 713 с.

2. Артамонова Н.Н. Бензол. Химическая энциклопедия. – М.: Изд-во «Советская Энциклопедия», 1988. – Т. 1. – С. 269.

3. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования. (взамен ГОСТ 12.1.004-85).

4. ГОСТ 12.1.010-76. Взрывобезопасность. Общие требования.

5. Вергунова Н.Г. Диэтиловый эфир. Химическая энциклопедия. – М.: Изд-во «Советская Энциклопедия», 1990. – Т. 2. – С. 111.

6. Збарский В.Л. Толуол. Химическая энциклопедия. – М.: Изд-во «Большая Российская Энциклопедия», 1995. – Т. 4. – С. 605.

7. Горенков А.Ф. Керосин. Химическая энциклопедия. – М.: Изд-во «Советская Энциклопедия», 1990. – Т. 2. – С. 373.

8. Байков Б.П., Ваншейдт В.А., Воронов И.П. и др. Дизели. Справочник. – Л.: Машиностроение, 1977. – 480 с.

9. Лендер Ю.В. Метиловый спирт. Химическая энциклопедия. – М.: Изд-во «Большая Российская Энциклопедия», 1992. – Т. 3. – С. 63-64.

10. Боуден Б.С. Этиловый спирт. Химическая энциклопедия. – М.: Изд-во «Большая Российская Энциклопедия», 1998. – Т. 5. – С. 998.

11. Гущевский А.Б. Пропиловый спирт. Химическая энциклопедия. – М.: Изд-во «Большая Российская Энциклопедия», 1995. – Т. 4. – С. 106.

12. Гущевский А.Б. Бутиловый спирт. Химическая энциклопедия. – М.: Изд-во «Советская Энциклопедия», 1988. – Т. 1. – С. 336-337.

13. Либерман С.С. Амиловые спирты. Химическая энциклопедия. – М.: Изд-во «Советская Энциклопедия», 1988. – Т. 1. – С. 129.

14. ГОСТ 4333-87. Нефтепродукты. Методы определения температур вспышки и воспламенения в открытом тигле

Колмаков Георгий Александрович
Кочеткова Марина Александровна
Шубников Игорь Александрович

Определение температуры вспышки и воспламенения органических соединений. Методические указания к выполнению лабораторной работы. Нижний Новгород. Издание ННГАСУ, 2010.

Подписано к печати «_____» _____ 2010 г.

Бумага газетная. Печать офсетная.

Усл.печ.л. _____ Уч.-изд. печ.л. _____

Формат 60x90 1/16

Тираж 150 экз. Заказ № _____

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет
603000, Н.Новгород, ул. Ильинская, 65.

Полиграфический центр Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета, 603000, Н.Новгород, ул. Ильинская, 65.