

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования



КЕМЕРОВСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Кафедра общей и неорганической химии

**Физико-химические основы развития и тушения  
пожаров**

Методические указания к выполнению лабораторных  
работ для студентов, обучающихся по направлению подготовки  
20.05.01 «Пожарная безопасность» всех форм обучения

Кемерово 2015

*Составители:*

**А.М. Мирошников, д.т. н., профессор**  
**С.В. Орехова, к.т.н., доцент**

Рассмотрено и утверждено на заседании кафедры  
общей и неорганической химии,  
протокол № 4 от 04.02.2015.

Рекомендовано к печати методической комиссией  
технологического факультета,  
протокол № 8 от 13.03.2015

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки 20.05.01. «Пожарная безопасность».

Составлено в соответствии с ФГОС и ООП дисциплины.  
Приведены лабораторные работы, в которых демонстрируется поведение органических соединений и пластмасс в условиях горения.

*Охраняется законом об авторском  
праве, не может быть использовано  
любым незаконным способом  
без письменного договора.*

©КемТИПП, 2015

## **Введение**

Представленные методические указания к лабораторным работам предназначены для студентов, обучающихся по направлению 20.05.01 «Пожарная безопасность».

Организация пожарной безопасности имеет своей целью изыскание наиболее эффективных, экономически целесообразных и технически обоснованных способов и средств предупреждения пожаров, снижение ущерба от них и их ликвидацию при наиболее рациональном использовании сил и технических средств тушения.

В вводной части практикума рассмотрены основные свойства органических соединений и их отношение к реакциям горения. Одна из лабораторных работ посвящена изучению свойств полимеров и их способности к горению. В практикуме приведены некоторые справочные данные: строение углеводов и промышленных полимеров, продукты горения полимеров, физико-химические свойства горючих углеводородов.

## 1. Основные термины и понятия

Пожар – это неконтролируемое горение вне специального очага, наносящее материальный ущерб и вред здоровью. Гореть могут природные органические соединения: древесина, уголь, нефть, природный газ, продукты переработки угля и нефти (кокс, бензин и т.д.), а также синтетические органические полимеры и пластические массы.

Горение— это сложный физико-химический процесс взаимодействия горючего вещества и окислителя, сопровождающийся выделением тепла и излучением света.

Обычным окислителем в процессах горения является газообразный кислород, находящийся в воздухе. Для возникновения и протекания горения необходимо наличие горючего вещества, кислорода (воздуха) и источника воспламенения. Горючее вещество и кислород являются реагирующими веществами, они составляют горючую систему.

Источник воспламенения вызывает в этой системе реакцию горения. Однако горение некоторых веществ может происходить и без кислорода. Окислителями в процессе горения могут быть хлор, бром и некоторые сложные вещества: азотная кислота, бертолетова соль, перекись натрия.

Полимерные материалы получили исключительно широкое распространение и эффективно используются практически во всех отраслях мирового хозяйства. Структура макромолекул полимеров определяет их поведение при нагревании и охлаждении.

При пожарах в современных зданиях с применением полимерных и синтетических материалов на человека воздействуют токсичные продукты горения. Хотя в продуктах горения нередко содержится 50-100 видов химических соединений, оказывающих токсическое воздействие, по мнению большинства ученых разных стран, основной причиной гибели людей при пожарах является отравление оксидом углерода. В 50-80 % случаев гибель людей на пожарах вызывалась отравлением оксидом углерода и недостатком кислорода.

К огнетушащим составам и средствам тушения относят воду, подаваемую в очаг горения сплошной струей или в распыленном состоянии и обеспечивающую главным образом охлаждающий эф-

фект; химическую и различной кратности воздушно-механическую пены, оказывающие в основном изолирующее действие; инертные газы (диоксид углерода и водяной пар), оказывающие разбавляющее действие; галогенуглеводородные составы, обладающие свойствами химических ингибиторов; порошковые составы, обладающие универсальными огнетушащими свойствами; комбинированные составы (сочетание порошковых и пенных составов, водо-галогенуглеводородные эмульсии).

Выбор средств пожаротушения зависит от технологии производства и физико-химических свойств применяемого сырья, от условий, исключающих появление вредных побочных явлений при реагировании огнетушащего средства с горящим веществом (например, взрывов, образования токсичных газов), а также от условий протекания процесса горения и технических возможностей, используемых для тушения пожара.

## **2. Правила техники безопасности при работе в химической лаборатории**

При работе в химической лаборатории для обеспечения безопасности необходимо строго соблюдать определенные меры предосторожности.

1. Работы выполняются в спецодежде (халатах).
2. Химические реактивы должны храниться в склянках с этикетками, реактивы нельзя пробовать на вкус.
3. При работе с кислотами и щелочами необходимо соблюдать меры предосторожности, чтобы исключить попадание их на кожу и одежду.
4. Работы с летучими органическими веществами, с концентрированными кислотами и щелочами следует проводить в вытяжном шкафу.
5. Нельзя выливать в раковину концентрированные растворы кислот и щелочей, а также органические растворители.
6. При попадании химических веществ (кислот, щелочей) на кожу необходимо тщательно смыть их сначала водой,

- а затем протереть кожу разбавленным раствором соды (при попадании кислот) или борной кислоты (при попадании щелочи).
7. Перед работой с электроприборами (электроплиткой) необходимо провести внешний осмотр – проверить целостность изоляции шнура, вилки, розетки, плитки.
  8. Категорически запрещается оставлять без присмотра включенные электроприборы.
  9. При нагревании жидкостей следует соблюдать осторожность, не допускать перегрева жидкости. Отверстие пробирки, колбы должно быть направлено в сторону от себя и окружающих. При нагревании жидкостей нельзя наклоняться близко к нагреваемым объектам.
  10. На рабочем месте нужно поддерживать чистоту и порядок. После окончания работы всю посуду следует вымыть и сдать рабочее место лаборанту.

### 3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1 «Углеводороды» Теоретическая часть

**Цель работы** – ознакомиться со способами получения, физическими и химическими свойствами углеводородов – алканов, алкенов, алкинов. Природными сырьевыми источниками углеводородов являются нефть, природный газ, уголь.

**Природный газ** — смесь газообразных предельных углеводородов с небольшой молекулярной массой. Основным компонентом природного газа является метан, доля которого в зависимости от месторождения составляет от 75 до 99% по объему. Кроме метана в состав природного газа входят этан, пропан, бутан и изобутан, а также азот и углекислый газ.

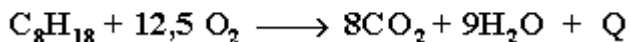
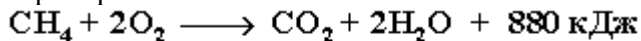
**Нефть** — природная сложная смесь углеводородов, в основном циклоалканов, содержащих в молекулах от 5 до 50 атомов углерода, с другими органическими веществами. Состав ее существенно зависит от места ее добычи (месторождения), она наряду с циклоалканами содержит алканы и ароматические углеводороды.

**Алканы** – соединения с низкими степенями окисления углерода и в зависимости от условий реакции они могут окисляться с образованием различных соединений. В органической химии реакции окисления и восстановления рассматриваются как реакции, связанные с потерей и приобретением органическим соединением атомов водорода и кислорода. Эти процессы сопровождаются изменением степеней окисления атомов углерода.

**Окисление** органического вещества – введение в его состав кислорода и (или) отщепление водорода. **Восстановление** – обратный процесс (введение водорода и отщепление кислорода). Учитывая состав алканов ( $C_nH_{2n+2}$ ), можно сделать вывод о их неспособности вступать в реакции восстановления, но возможности участвовать в реакциях окисления.

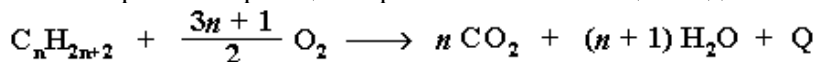
При обычной температуре алканы не вступают в реакции даже с сильными окислителями. При внесении в открытое пламя алканы горят. При этом в избытке кислорода происходит их полное окисление до  $CO_2$ , где углерод имеет высшую степень окисления +4, и воды. Горение углеводородов приводит к разрыву всех связей C–C и C–H и сопровождается выделением большого количества тепла (экзотермическая реакция).

Примеры:



Низшие гомологи (метан, этан, пропан, бутан) образуют с воздухом взрывоопасные смеси, что необходимо учитывать при их использовании. Процесс горения углеводородов широко используется для получения энергии (в двигателях внутреннего сгорания, в тепловых электростанциях и т.п.).

Уравнение реакции горения алканов в общем виде:



Из этого уравнения следует, что с увеличением числа углеродных атомов ( $n$ ) в алкане увеличивается количество кислорода, необходимого для его полного окисления. При горении метана или высших алканов ( $n \gg 1$ ) кислорода, содержащегося

в воздухе, может оказаться недостаточно для их полного окисления до  $\text{CO}_2$ . Тогда образуются продукты частичного окисления:

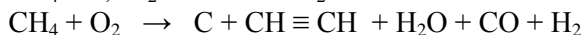
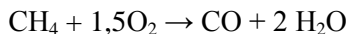
угарный газ  $\text{CO}$  (степень окисления углерода +2), сажа (мелкодисперсный углерод, нулевая степень окисления), непредельные соединения: ацетилен, этилен и др.

Гексан загорается сразу: алканы с небольшой молекулярной массой загораются легко.

Керосин – это смесь алканов, в молекулы которых входит от двенадцати до восемнадцати атомов углерода. Поджечь керосин оказывается немного труднее, появляется коптящее пламя. В виде копоти выделяется несгоревший углерод.

Поэтому высшие алканы горят на воздухе коптящим пламенем, а выделяющийся попутно токсичный угарный газ (без запаха и цвета) представляет опасность для человека.

Горение метана при недостатке кислорода происходит по уравнениям:



Последняя реакция используется в промышленности для получения сажи или ацетилена. Частичное окисление алканов при относительно невысокой температуре и с применением катализаторов сопровождается разрывом только части связей  $\text{C}-\text{C}$  и  $\text{C}-\text{H}$  и используется для получения ценных продуктов: карбоновых кислот, кетонов, альдегидов, спиртов.

## **Опыт 1. Получение метана и изучение его свойств**

### Реактивы и материалы:

1. Смесь для получения метана (смесь  $\text{NaOH}$  и  $\text{CH}_3\text{COONa}$  в соотношении 1: 2);
2. Бромная вода (раствор брома в воде желтого цвета);
3. Раствор перманганата калия в воде (2% масс.)
4. Гексан.

Оборудование: пробирки объемом 15-20 мл, газоотводная трубка, держатель пробирки, шпатель, спиртовка.



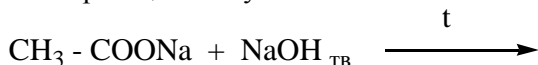
### ***а) получение метана***

#### Проведение опыта:

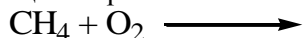
Предварительно готовят пробирки с бромной водой и раствором перманганата калия.

В сухую пробирку насыпают смесь для получения метана (высота слоя 4 см), хорошо утрамбовывают, закрывают пробкой с газоотводной трубкой, хорошо прогревают всю пробирку над спиртовкой, затем нижнюю часть в пламени спиртовки. При появлении на стенках пробирки конденсата, поджигают газ, выделяющийся из конца газоотводной трубки.

Напишите реакцию получения метана:



Напишите реакцию горения метана:



Результаты опыта:

### ***б) реакция с бромной водой***

Предварительно готовят пробирку с бромной водой – высота слоя 4-5 см. После того, как метан получен, конец газоотводной трубки помещают в пробирку с бромной водой на несколько секунд.

Результаты опыта:

### ***в) Реакция с перманганатом калия***

#### Проведение опыта

Опыт проводят аналогично, используя, вместо бромной воды, раствор перманганата калия.

Результаты опыта:

### ***г) Свойства жидких алканов***

В две пробирки наливают гексан, затем в одну из них добавляют раствор перманганата калия, а в другую – бромную воду. Происходит ли изменение окраски растворов?

Сделайте выводы.

## Опыт 2. Получение этилена и изучение его свойств

### Реактивы и материалы:

1. Этанол (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH);
2. Серная кислота конц.
3. Бромная вода (раствор брома в воде желтого цвета);
4. Раствор перманганата калия в воде (2% масс.)
5. Песок (кипелки)

Оборудование: пробирки объемом 15-20 мл, газоотводная трубка, держатель пробирки, шпатель, спиртовка.

### ***а) получение этилена***

#### Проведение опыта:

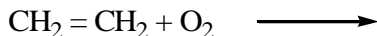
Предварительно готовят пробирки с бромной водой и раствором перманганата калия. В сухую пробирку наливают (*осторожно!*) 2 мл этанола и 4 мл серной кислоты, добавляют несколько крупинок песка, закрывают пробкой с газоотводной трубкой, хорошо прогревают всю пробирку над спиртовкой, затем нижнюю часть – над пламенем спиртовки. При появлении признаков кипения поджигают газ, выделяющийся из конца газоотводной трубки.

Результаты опыта:

Напишите реакцию получения этилена:



Напишите реакцию горения этилена:



### ***б) реакция с бромной водой***

#### Проведение опыта:

Предварительно готовят пробирку с бромной водой (высота слоя 4-5 см). После того, как этилен получен, конец газоотводной трубки помещают в пробирку с бромной водой на несколько секунд.

Результаты опыта:

Напишите реакцию этилена с бромной водой:



### ***в) Реакция с перманганатом калия***

#### Проведение опыта:

Опыт проводят аналогично, используя вместо бромной воды раствор перманганата калия.

Результаты опыта:

Напишите реакцию этилена с разбавленным раствором перманганата калия:



Сделайте выводы.

### **Опыт 3. Получение ацетилена и изучение его свойств**

#### Реактивы и материалы:

1. карбид кальция ( $\text{CaC}_2$ )
2. Бромная вода (раствор брома в воде желтого цвета);
3. Раствор перманганата калия в воде (2% масс.)

Оборудование: пробирки объемом 15-20 мл, газоотводная трубка, держатель пробирки, шпатель, спиртовка.

#### ***а) получение ацетилена***

#### Проведение опыта:

**ВНИМАНИЕ!!** Предварительно готовят пробирки с бромной водой и раствором перманганата калия.

В сухую пробирку помещают несколько кусочков карбида кальция, доливают 1 мл воды, закрывают пробкой с газоотводной трубкой.

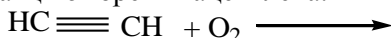
Поджигают газ, выделяющийся из конца газоотводной трубки.

Результаты опыта:

Напишите реакцию получения ацетилена:



Напишите реакцию горения ацетилена:



Укажите цвет пламени.

#### ***б) реакция с бромной водой***

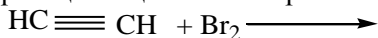
#### Проведение опыта:

Предварительно готовят пробирку с бромной водой (высота слоя 4-5 см). После того, как ацетилен получен, конец газо-

отводной трубки помещают в пробирку с бромной водой на несколько секунд.

Результаты опыта:

Напишите реакцию ацетилена с бромной водой:



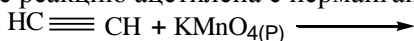
#### ***в) Реакция с перманганатом калия***

Проведение опыта

Опыт проводят аналогично, используя вместо бромной воды перманганат калия.

Результаты опыта:

Напишите реакцию ацетилена с перманганатом калия:



Сделайте выводы.

### **Опыт 4. Горение жидких углеводородов**

Реактивы и материалы:

1. Гексан;
2. Бензин;
3. Керосин;
4. Нефть.

Оборудование: фарфоровые чашки, огнезащитная прокладка (асбест), спички.

Проведение опыта:

В фарфоровые чашки наливаем по 2 мл указанных углеводородов и поочередно поджигаем их, наблюдая характер горения и цвет пламени.

Сделайте выводы.

## **4. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 «Исследование свойств кислородсодержащих соединений**

(Самовоспламенение спиртов и клетчатки)»

### **Теоретическая часть**

К кислородсодержащим соединениям относятся спирты, альдегиды, кетоны, кислоты, углеводы, липиды. Многие органические вещества могут гореть.

Горение может возникнуть в двух различных формах: в виде **возгорания** (воспламенения) и в виде **самовозгорания**

(самовоспламенения). **Возгорание** веществ возможно при воздействии на них теплового импульса от источника зажигания.

**Самовозгорание** (самовоспламенение) — процесс возникновения горения при отсутствии источника зажигания. Самовозгорание наблюдается при резком увеличении скорости экзотермических реакций в объеме вещества, когда скорость выделения тепла превышает скорость его рассеивания. Самовозгорание вещества первоначально происходит в зоне максимальных температур или в «горячей точке», затем горение распространяется по всему объему.

В промышленной практике весьма часто самовозгорание твердых веществ и материалов происходит при их нагревании и контакте с химически активными веществами.

**Химическое самовозгорание** может возникать тогда, когда на вещество действует кислород воздуха, химические окислители, вода.

Многие вещества, имеющие низкую температуру самовоспламенения, легко воспламеняются на воздухе, это алюминий, цинк, белый, желтый и красный фосфор. К веществам, загорающимся под действием воды, относятся натрий, калий, карбид кальция, щелочные металлы, негашеную известь и т.д. Бывали случаи возникновения пожаров вследствие теплоты, выделяемой при реакции извести с водой.

Окислителями могут быть хлор, фтор, бром, йод, окислы азота и другие вещества. В большинстве случаев при пожаре окисление горючих веществ происходит кислородом воздуха. Сильным окислителем является перманганат калия. Его смеси с твердыми горючими веществами самовозгораются от действия концентрированных серной и азотной кислот, а также от удара и трения. Глицерин в смеси с перманганатом самовозгорается через несколько секунд после смешения. При попадании на хромовый ангидрид ( $\text{CrO}_3$ ) самовозгораются метанол, этанол, бутиловый, изобутиловый и изоамиловый спирты, уксусная кислота, ацетон.

Спирты, как и углеводороды, горят на воздухе или в кислороде с образованием паров воды и углекислого газа. Горение спиртов – сильно экзотермическая реакция. Экзотермичность горения спиртов позволяет рассматривать их в качестве альтернативного бензину экологически чистого топлива для двигателей внутреннего сгорания. Водные растворы содержащие 25 % спирта и более - являются ЛВЖ. Растворимые спирты можно тушить разбавлением (до концентрации менее 25 %); не растворимые в воде спирты водой тушить не рекомендуется, т.к. при этом спирты всплывают на поверхность воды и процесс горения продолжается. Следует отметить, что разбавленные растворы спиртов относятся к категории трудно горючих веществ, т.е. склонны гореть в присутствии источника зажигания. Глицерин нельзя хранить с сильными окислителями: контакт с этими веществами приводит к возникновению пожара. Тушить рекомендуется водой и пеной.

К тепловому самовозгоранию склонны масла, жиры, каменные угли и некоторые химические вещества. Отработанные минеральные масла содержат непредельные соединения. Такие масла способны к самовозгоранию. Глицериды предельных кислот окисляются при температурах выше 150°C и не способны самовозгораться.

Масла, содержащие большое количество глицеридов непредельных кислот, способны самовозгораться. Это объясняется тем, что глицериды непредельных кислот окисляются на воздухе с образованием пероксидов, которые легко разлагаются с образованием весьма реакционноспособного атомарного кислорода. Чем больше кислорода присоединяется к молекуле глицерида, тем больше тепла выделяется. Самовозгораются при соприкосновении с воздухом растительные или животные жиры, и продукты, изготовленные на их основе. Самовозгораются промасленные тряпки, пакля, вата и даже металлические стружки. Опасные в этом отношении натуральные льняные, конопляные и другие олифы.

Микробиологическое самовозгорание бывает в среде, где бурно могут развиваться микроорганизмы, которые за счет своей жизнедеятельности выделяют тепловую энергию. Это

природные органические материалы растительного происхождения (торф, стружка, опилки и др.). Микробиологическое самовозгорание характерно для органических дисперсных и волокнистых материалов, внутри которых возможна жизнедеятельность микроорганизмов. Первичное самонагревание массы материала происходит за счет тепла, выделяемого микроорганизмами (например, самонагревание влажного сена).

### Опыт 1. Сравнение свойств одноатомных спиртов

#### Реактивы и материалы:

- |                         |                    |
|-------------------------|--------------------|
| 1. Изопропиловый спирт; | 4. Этиловый спирт; |
| 2. Бутиловый спирт;     | 5. Глицерин.       |
| 3. Изоамиловый спирт;   |                    |

Оборудование: пробирки объемом 15-20 мл, держатель пробирок, фарфоровые чашки (тигли), мерная пробирка или цилиндр, спички.

#### *а) изучение растворимости спиртов в воде*

В пять пробирок наливают по 1 мл этилового, изопропилового, бутилового, изоамилового спиртов и глицерина. К ним приливают по 5 мл воды. Что происходит? Обратите внимание на растворимость спиртов в воде с увеличением молекулярной массы, а также их плотности.

Таблица 1

Свойства спиртов

Спирт	Растворимость	Молекулярная масса спирта	Доля ОН в молекулярной массе, %	Содержание углерода, %
Этиловый		46	36,9	52,2
Изопропиловый		60	28,3	60
Бутиловый		74	22,9	64,8
Изоамиловый		88	19,3	68,2
Глицерин		92	55,4	39,1

Выводы:

### ***б) горение спиртов***

В небольшие тигли или фарфоровые чашечки наливают те же спирты и поочередно поджигают их. Обратите внимание, как меняется светимость пламени с увеличением молекулярной массы спирта и содержания углерода в спиртах, есть ли коптящее пламя?

Сделайте выводы.

### **Опыт 2. Обнаружение воды в спирте и его обезвоживание**

Реактивы и материалы:

1. Этиловый спирт (ректификат);
2. Сульфат меди  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (медный купорос)

Оборудование: пробирки объемом 15-20 мл, держатель пробирки, фарфоровая чашка, спиртовка, плитка.

а) Для получения безводного  $\text{CuSO}_4$ , прокаливают на плитке медный купорос в фарфоровой чашке.

б) В пробирку наливают 2 мл спирта, добавляют 0,5 г безводного сульфата меди и при встряхивании слегка нагревают пробирку. Что происходит с осадком? Приведите объяснения и сделайте выводы.

### **Опыт 3. Окисление и дегидрирование спиртов**

Реактивы и материалы:

1. Этиловый спирт-ректификат ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ );
2. Серная кислота конц.;
3. Оксид меди (II);
4. Перманганат калия (крист.);
5. Медная проволока.

Оборудование: пробирки объемом 15-20 мл, держатель пробирки, шпатель, спиртовка.

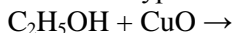
#### ***а) Окисление этанола оксидом меди (II)***

В пламени спиртовки сильно прокаливают медную проволоку, имеющую на конце петлю. Она покрывается слоем черного оксида меди (II). Затем опускают ее в пробирку с 1 мл этанола. Повторите эту операцию несколько раз. Обратите внимание



на изменения, происходящие со спиралью и запах образующегося альдегида.

Составьте уравнение реакции окисления этанола.



### ***б) Окисление этилового спирта сильными окислителями***

В пробирку наливают 2–3 капли раствора серной кислоты, 0,5 мл раствора перманганата калия (или бихромата калия) и столько же этилового спирта. Содержимое пробирок осторожно нагревают в пламени спиртовки до изменения окраски.

Что происходит с окраской раствора? Отметьте характерный запах образующегося вещества. Сделайте выводы.

#### **Опыт 4. Горение спирта**

##### Реактивы и материалы:

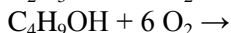
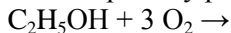
1. Этиловый спирт-ректификат ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ );
2. Бутиловый спирт;
3. Оксид меди (II);
4. Перманганат калия (крист.);
5. глицерин.

Оборудование: пробирки объемом 15-20 мл, фарфоровая пластинка (или чашки), стеклянная палочка, держатель пробирки, шпатель, спиртовка.

##### ***а) горение спиртов при поджигании***

Спирт, налитый в фарфоровую чашку, поджигают спичкой; он горит бледно-голубым пламенем. Тушат пламя, покрывая чашку стеклом.

Напишите уравнения реакций горения этанола и бутанола и объясните причину различия в цвете пламени.



Сделайте выводы.

##### ***б) воспламенение спиртов при действии окислителей***

На фарфоровой пластинке к небольшому количеству измельченного перманганата калия добавляют концентрированной серной кислоты столько, чтобы получилась густая кашица. На

образовавшийся оксид марганца (VII) капают несколько капель спирта. Спирт вспыхивает.

Опыт повторяют с использованием бутилового спирта, а также глицерина.

Сделайте выводы

### **Опыт 5. Различие в окисляемости карбоновых кислот**

#### Реактивы и материалы:

1. Муравьиная кислота;
2. Уксусная кислота;
3. Щавелевая кислота;
4. Перманганат калия (раствор.);
5. Раствор  $H_2SO_4$  (5%).

Оборудование: пробирки объемом 15-20 мл, держатель пробирки, шпатель, спиртовка.

Несколько капель или кристалликов кислоты смешивают с 1-2 мл воды в пробирке. К каждому из полученных растворов добавляют по 1 мл раствора серной кислоты и несколько капель раствора перманганата калия. Отмечают происходящие изменения.

Как действует перманганат калия на растворы карбоновых кислот? Напишите возможные уравнения реакций. Сделайте выводы.

### **Опыт 6. Свойства многоатомных спиртов, углеводов и клетчатки (целлюлозы)**

#### Реактивы и материалы:

1. Глюкоза крист.;
2. Бурый уголь;
3. Серная кислота (конц.);
4. Перманганат калия (крист.);
5. Раствор  $H_2SO_4$  (разб.);
6. Целлюлоза (фильтровальная бумага);
7. Этанол.

Оборудование: пробирки объемом 15-20 мл, держатель пробирки, металлический шпатель, спиртовка.

Присутствие углерода во многих органических веществах можно обнаружить по обугливанню вещества при осторожном его прокаливании.

#### ***а) горение углеводов***

На кончик металлического шпателя помещают несколько кристаллов глюкозы и осторожно нагревают в пламени горелки. Что происходит с глюкозой? Повторяют этот опыт с целлюлозой и бурым углем. Что происходит? Сделайте выводы.

#### ***б) обугливание целлюлозы***

Целлюлоза — белое твердое, стойкое вещество, не разрушается при нагревании (до 200 °С). Является горючим веществом, температура воспламенения 275 °С, температура самовоспламенения 420 °С (хлопковая целлюлоза). Не растворима в воде и слабых кислотах.

Обугливание наблюдается при действии на органические вещества (сахар, крахмал, клетчатку, спирты и т. д.) **водоотнимающих** веществ, например концентрированной серной кислоты при нагревании.

Так, при нагревании обугливающее действие оказывает даже разбавленная серная кислота.

На кусочек фильтровальной бумаги (клетчатка) помещают каплю раствора серной кислоты. При высыхании на бумаге не остается следа. Осторожно подогревают бумагу над пламенем горелки. Что происходит с фильтровальной бумагой смоченной серной кислотой? Сделайте выводы.

#### ***в) самовоспламенение целлюлозы***

Лаборант готовит в фарфоровой чашечке окислительную смесь из кристаллического перманганата калия с добавлением 2 – 3 капель концентрированной серной кислоты. Затем касается стеклянной палочкой окислительной смеси и ватки (целлюлоза), смоченной этиловым спиртом или глицерином. Что происходит? Сделайте выводы.

## 5. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3 «Реакции горения и разложения полимеров»

### Теоретическая часть

Механические свойства полимеров зависят от многих переменных и больше всего от температуры, которая может изменить физическое состояние *линейного* полимера. Большинство полимеров может находиться в трёх физических состояниях: *стеклообразном, высокоэластичном и вязкотекучем*.

**Стеклообразное состояние (1)** характеризуется жесткостью. Полимер в таком состоянии способен лишь к малым упругим деформациям, не поддается растяжению, при высокой деформирующей нагрузке разрушается или рвется. Это состояние наблюдается при температуре, которая ниже *температуры стеклования* (у каждого полимера она своя).

**Высокоэластичное состояние (2)** проявляется в способности полимера сильно вытягиваться. При снятии деформирующей нагрузки полимер принимает прежние (или близкие к нему) размеры. Это состояние наблюдается между температурой стеклования и *температурой текучести*; в нем полимер выдерживает наибольшие механические нагрузки и способен к упругоэластичным деформациям.

**Вязкотекучее состояние (3)** характеризуется тем, что данный полимер при воздействии сравнительно небольших внешних сил проявляет склонность легко деформироваться необратимо, то есть течь. При нагревании до температуры выше температуры текучести полимер разрушается. Температура разрушения называется *температурой деструкции*.

По характеру воздействия температуры полимеры можно разделить на две группы:

1. **термореактивные** – это полимеры, которые необратимо изменяются от воздействия температуры, переходя от линейного строения к сетчатому вследствие сшивания нитевидных молекул мостиками из групп  $-CH_2$ . Эти полимеры

обладают большой прочностью и меньшей растворимостью в органических растворителях по сравнению с линейными; они не могут подвергаться вторичной обработке.

2. **термопластичные** – это полимеры, которые при воздействии повышенной температуры могут переходить в вязкотекучее состояние, а после снятия температурного воздействия возвращаться в исходное состояние без химического разрушения, поэтому возможно их повторное использование.

Термическая деструкция полимеров протекает при высоких температурах в инертной атмосфере или в вакууме (процесс пиролиза). Термический распад наименее стойких полимеров (поливинилхлорида и полиметилметакрилата) начинается при 150-220°C.

При горении органических полимерных материалов окислителем является кислород воздуха, а горючим - водород и углеродсодержащие газообразные продукты деструкции полимера. При нагревании макромолекулы легко распадаются на низкомолекулярные насыщенные и ненасыщенные углеводороды, которые подвергаются экзотермическим реакциям окисления, т.е реакция сопровождается выделением теплоты.

Также известно, что на процесс горения влияют такие факторы:

- химический состав материалов и/или свойства их отдельных компонентов (реагирование с окислителем);
- плотность и агрегатное состояние горючего вещества;
- количество окислителя (кислорода): при его недостатке реакция идет не интенсивно, сгорание неполное, образуется много дыма;
- вид источника зажигания: пламя, искры, тление.

При сжигании полимера одновременно протекает ряд процессов: обезвоживание, термическое разложение, взаимодействие с водой, выделяющейся при высоких температурах и поэтому действующей как перегретый пар, окислительно-восстановительные реакции и др.

Чтобы горение не начиналось, достаточно исключить хотя бы одно из условий его возникновения. Поэтому можно классифицировать и три основных способа огнезащиты:

1) изменение (модификация) вещества с целью повышения температуры его воспламенения и/или замедления транспорта горючих компонентов к поверхности;

2) препятствование попаданию окислителя к горючему веществу;

3) предотвращение нагревания поверхности.

**Огнезащитная пропитка антипиренами осуществляется методами:**

1) пропитка под давлением в автоклаве

2) пропитка в ваннах (вымачивание)

3) поверхностная пропитка – многократное нанесение горячего (до 60 °С) пропиточного раствора.

Растворы антипиренов, благодаря малому поверхностному натяжению, заполняют капиллярную систему древесины и бумаги, а когда растворитель испаряется, антипирены с гидрофобными добавками образуют барьер, который препятствует, с одной стороны, проникновению внутрь древесины влаги и кислорода, а с другой – диффузии наружу горючих газов (продуктов пиролиза) при нагревании.

Цель работы - формирование и закрепление у студентов основных представлений о структуре и комплексе специфических свойств полимеров и олигомеров; развитие у студентов практических навыков распознавания полимеров. Наблюдение поведения полимеров в пламени горелки является одним из предварительных приемов идентификации.

Главной целью этих исследований является обнаружение основных элементов, функциональных групп, установление кислотного или основного характера исследуемого полимера и других специфических свойств.

### **Опыт 1. Поведение полимеров при внесении в пламя горелки**

#### Реактивы и материалы:

1. Образцы полимеров (полиэтилен, полипропилен, полистирол, поливинилхлорид, поликарбонат).

Оборудование: фарфоровые чашки, пинцет, металлический шпатель, спиртовка, спички.

Образец пластмассы с помощью пинцета или другого приспособления поместите в верхнюю часть высокотемпературной зоны пламени спиртовки. Далее удалите пластмассу из пламени и наблюдайте, будет ли она гореть дальше. При этом обратите внимание на цвет пламени; образуется ли копоть или дым, потрескивает ли огонь, плавится ли пластмасса с образованием капель, отметьте запах выделяющихся газообразных продуктов. Результаты наблюдения запишите в таблицу 2.

**Таблица 2**

**Горение полимеров**

Полимер	Поведение в пламени Окраска пламени	Характер горения	Запах продуктов горения	Продукты горения
Полиэтилен				
Полипропилен				
Полистирол				
Поливинилхлорид				
Поликарбонат				

Полученные результаты наблюдений за горением надо сравнить с характеристиками горения известных полимеров, приведенных в таблице приложения и сделать выводы.

**Опыт 2. Качественный анализ полимеров по реакции на продукты разложения**

Реактивы и материалы:

1. Образцы полимеров (полиэтилен, полипропилен, полистирол, поливинилхлорид, полиэтилентерефталат, полиакрилат, полиамид)

2.  $\text{AgNO}_3$ , водный раствор 1-2%;

3.  $\text{FeCl}_3$ , водный раствор 1-3%;

4. Фенолфталеин;
5.  $\text{FeSO}_4$  (кристаллы);
8. Универсальная индикаторная бумага.
6.  $\text{KMnO}_4$  (раствор);
7. Бромная вода;

**Оборудование:** прибор для пиролитического разложения полимера (рис. 1), пинцет, металлический шпатель, медная проволока, спиртовка, спички.

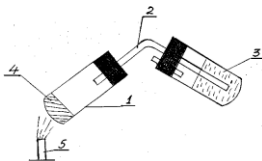


Рис. 1. Прибор для разложения полимера.

1-термостойкая пробирка для разложения; 2-стеклянная трубка; 3-поглотитель; 4-проба полимера; 5 – спиртовка.

### **Выполнение эксперимента**

Для проведения разложения полимера образец (0,5-1 г) помещают в пробирку из тугоплавкого стекла (рис.1), соединенную с поглотителем, в который наливают 5-10 мл воды. Быстро нагревают образец и улавливают продукты пиролиза в поглотителе.

#### **а) Поливинилхлорид**

##### **1. Определение продуктов разложения ПВХ**

В сухую пробирку помещают образец поливинилхлорида и нагревают до разложения. Как только начинается обильное выделение паров, к отверстию пробирки подносят влажную лакмусовую бумагу. В какой цвет окрашивается лакмус?

##### **2.Проба с нитратом серебра**

Для проведения пиролиза небольшое количество ПВХ помещают в пробирку с газоотводной трубкой, конец которой опущен в пробирку с водой и быстро нагревают образец. В растворе определяют присутствие иона **хлора** пробой с нитратом серебра, положительная реакция на хлор указывает на поливинилхлорид, сополимеры винилхлорида, а также на другие хлорсодержащие смолы.





### 3. Проба с медной проволокой

Образец полимера размягчают в пламени спиртовки, а затем прокаленной медной проволокой прикасаются к полимеру. Проволоку помещают в пламя спиртовки. В какой цвет окрашивается пламя?

#### **б) Обнаружение азота в полиамидах**

Для проведения пиролиза небольшое количество полиамида помещают в пробирку с газоотводной трубкой, конец которой опущен в пробирку с водой и быстро нагревают образец..

К 1 мл конденсата добавьте на кончике шпателя кристаллы железного купороса ( $\text{FeSO}_4$ ). Образование синего осадка указывает на содержание азота. При низком содержании азота в пробе раствор окрашивается в зеленый цвет, при стоянии пробы окраска переходит в синий цвет.

Сделайте выводы.

### **Опыт 3. Материалы, понижающие горючесть полимеров**

#### Реактивы и материалы:

1. Целлюлоза (фильтровальная бумага), целлофан,
2. Растворы для пропитки целлюлозы **водорастворимыми антипиренами** (соли алюминия, фосфорной кислоты, соединения бора, хрома, меди, цинка и др.),
3. Растворы **органорастворимых антипиренов** (жидкости с малым поверхностным натяжением - каменноугольное, антраценовое или сланцевое масла, отходы нефтяного сырья и др.), гидрофобизаторы (парафин или канифоль) и растворители (диоксан, ксилол, лигроин).

Оборудование: чашки Петри (или фарфоровые чашки), стаканчики для растворов, пинцет, стеклянная палочка, спиртовка, спички.

#### **Выполнение эксперимента:**

##### *а) пропитка бумаги антипиренами*

Полоски фильтровальной бумаги опускают в растворы антипиренов.

Бумагу подсушивают. Далее проверяют, как быстро происходит загорание образцов в пламени спиртовки.

Запишите наблюдения и сделайте выводы.

*б) свойства целлофана*

Проверьте, какими свойствами обладает этот материал (отношение к воде, нагреванию, горению, прочность)

Как повысить огнестойкость целлофана?

Запишите наблюдения и сделайте выводы.

## 6. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4 «Исследование свойств огнегасящих составов»

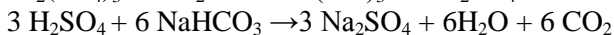
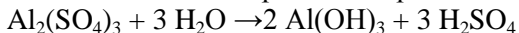
### Теоретическая часть

**Цель работы** - ознакомление с огнетушащими составами и выбор огнетушащих веществ для тушения некоторых горящих органических материалов.

При тушении пожара обычно используют следующие огнетушащие вещества: **жидкости** (распыленная вода; пена), **газы**: углекислый газ; фреоны, **огнетушащие порошки**: фосфат аммония; бикарбонат натрия; бикарбонат калия; хлорид калия.

### Химическая пена

Химическая пена образуется при взаимодействии растворов кислот и щелочей в присутствии пенообразующего вещества и представляет собой концентрированную эмульсию диоксида углерода в водном растворе минеральных солей, содержащем пенообразующее вещество. Для получения химической пены используют пеногенераторный порошок (ПГП). Кислотная часть ПГП – соль кислоты, чаще серной в виде сульфата алюминия, а щелочная часть – это бикарбонат натрия со вспенивателем.



Эти вещества содержатся в одном герметичном контейнере. Чтобы сделать пену более прочной и продлить срок ее службы, к ней добавляется стабилизатор. На один объем воды образуется 7-16 объемов пены.

Углекислота также применяется в газо - и снегообразном состоянии. Ее огнетушащий эффект основан на понижении концентрации кислорода в очаге горения до такой степени, при которой горение невозможно.

**Вода и растворы.** Высокая огнетушащая способность воды обусловлена ее значительной теплоемкостью. При нормальном атмосферном давлении и температуре 20° С теплоемкость воды равна 1 ккал/кг. Из 1 литра воды образуется 1750 литров насыщенного пара. При этом затрачивается 539 ккал. тепловой энергии. Выделяющийся пар вытесняет кислород из зоны горения.

Однако вода обладает большой силой поверхностного натяжения, поэтому проникающая способность воды не всегда бывает достаточной. Известен ряд материалов (пыль, хлопок и др.), в поры которых вода не в состоянии проникнуть и прекратить тление. В таких случаях для снижения поверхностного натяжения и повышения проникающей способности в воду добавляют определенное количество (от 0,5 до 4% по весу) поверхностно-активных веществ-смачивателей.

Вода снижает температуру очага горения. При нагреве до 100°С 1 литра воды поглощается приблизительно  $4 \cdot 10^5$  Дж теплоты, а при испарении –  $22 \cdot 10^5$  Дж. Водяной пар (из 1 литра воды образуется около 1700 л пара) препятствует доступу кислорода к горящему веществу. Вода, подаваемая к очагу горения под большим давлением, механически сбивает пламя, что облегчает тушение пожара.

Воду **не применяют** для тушения щелочных металлов (натрия, калия), карбида кальция, а также легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, плотность которых меньше плотности воды (бензин, керосин, ацетон, спирты, масла и др.), так как они всплывают на поверхность воды и продолжают гореть на поверхности. Вода хорошо проводит электрический ток, поэтому ее не используют для тушения электроустановок, находящихся под напряжением (это приводит к короткому замыканию).

**Хладоновые составы** — это составы с галогенсодержащими углеводородами. Они представляют собой легкоиспаряющиеся жидкости, вследствие чего их относят к газам или аэрозолям. Основными составами, используемыми при тушении пожаров, являются: хладон 125 ( $C_2HF_5$ ), хладон 318 ( $C_4Cl_3F_8$ ).

Эти составы на сегодняшний день относятся к наиболее эффективным средствам тушения пожаров. Действие их основано на ингибировании химических реакций горения и взаимодействия с кислородом воздуха.

### **Огнетушащие порошки общего назначения**

**Гидрокарбонат натрия.** Это один из основных огнетушащих порошков. Он находит широкое применение в связи с тем, что является самым экономичным из всех существующих. Он особенно эффективен при тушении пожаров животных жиров и растительных масел, поскольку вызывает химические изменения в этих веществах, превращая их в невоспламеняющееся мыло.

**Гидрокарбонат калия.** Этот огнетушащий порошок первоначально был разработан для использования в сдвоенных системах с "легкой водой", но в настоящее время он, как правило, используется самостоятельно. Было установлено, что он очень эффективен при тушении пожаров жидкого топлива. Применение гидрокарбоната калия позволяет успешно предотвращать обратный выброс пламени. Этот порошок стоит дороже гидрокарбоната натрия.

**Хлорид калия.** Это огнетушащий порошок, который совместим с пеной на протеиновой основе. Его огнетушащие качества примерно равноценны качествам гидрокарбоната калия, единственный недостаток заключается в том, что после его применения для тушения пожаров возможно появление коррозии.

**Смесь мочевины и бикарбоната калия.** Этот порошок, разработанный в Англии и состоящий из мочевины и гидрокарбоната калия, является наиболее эффективным из всех испытанных огнетушащих порошков. Однако он не нашел широкого применения, ввиду высокой стоимости.

**Фосфат аммония.** Этот порошок является универсальным, поскольку может успешно применяться при тушении пожаров классов А, В и С. Соли аммония разрывают цепную реакцию пламенного горения. Фосфат превращается при повышении температуры, вызванной пожаром, в метафосфорную кислоту -

стекловидное плавкое вещество. Кислота покрывает твердые поверхности огнезадерживающим слоем, поэтому это огнетушащее вещество может применяться для тушения пожаров, связанных с горением обычных горючих материалов, таких как древесина и бумага, а также пожаров воспламеняющихся нефтепродуктов, газов и электрооборудования.

### **Огнетушащий эффект порошков**

Огнетушащие порошки обеспечивают тушение пожара за счет охлаждения, объемного тушения, экранирования теплоты излучения и прерывания цепной реакции горения.

**Охлаждение.** Ни один из огнетушащих порошков не обладает большим охлаждающим эффектом, но некоторое охлаждение порошки обеспечивают благодаря тому, что имеют более низкую температуру, чем горящий материал, и теплота передается от более горячего вещества к более холодному порошку.

**Объемное тушение.** Когда огнетушащий порошок вступает в химическую реакцию с горящим материалом, при воздействии теплоты образуется  $\text{CO}_2$  и пары воды, которые разбавляют пары горючего топлива и воздух, окружающий пожар. В результате создается определенный эффект объемного тушения.

**Прерывание цепной реакции.** Огнетушащий порошок и некоторые другие огнетушащие вещества (например, хладоны) воздействуют на цепные реакции. Предполагается, что это происходит за счет уменьшения способности частиц молекул соединяться друг с другом. Молекулы самого порошка могут соединяться с частицами молекул горючего вещества и кислорода, в результате чего горючее вещество не может окисляться.

К числу жидких огнегасительных веществ относятся водные растворы некоторых солей, например, гидрокарбоната натрия, хлористого кальция, хлористого аммония, и др.

### **Опыт 1. Выбор огнегасящего состава для тушения углеводородов**

#### Реактивы и материалы:

1. Растворители (гексан,  $\text{CCl}_4$ );
2. Огнетушащие порошки (сода, фосфат аммония, сульфат аммония).

Оборудование: фарфоровые чашки, мерная пробирка,

шпатель, спиртовка, спички.

а) В фарфоровую чашку налейте 2 мл гексана. Подожгите гексан. К горящему образцу добавьте 5 мл воды. Что происходит?

б) В фарфоровую чашку налейте 2 мл гексана. Подожгите гексан. К горящему образцу постепенно прилейте 5 мл четыреххлористого углерода. Что происходит?

в) В фарфоровую чашку налейте 2 мл гексана. Подожгите гексан. К горящему образцу добавьте порошок гидрокарбоната калия (гидрокарбоната натрия). Что происходит?

г) В фарфоровую чашку налейте 2 мл гексана. Подожгите гексан. К горящему образцу добавьте порошок фосфата аммония. Что происходит?

Огнегасящий состав

наблюдения

Вода

Гидрокарбонат натрия

Фосфат аммония

Сульфат аммония

$CCl_4$

Сделайте выводы.

## **Опыт 2. Выбор огнегасящего состава для тушения спиртов**

### Реактивы и материалы:

1. Этиловый спирт;

Оборудование: фарфоровые чашки, мерная пробирка, шпатель, кусочки асбеста, спиртовка, спички.

а) В фарфоровую чашечку налейте 3мл спирта и подожгите его, он горит бледно-голубым пламенем. Тушат пламя, покрывая чашку кусочком асбеста. Сделайте выводы

б) Приготовьте мерную пробирку с 10 мл воды. В фарфоровую чашечку налейте 3мл этилового спирта и подожгите его. Для того, чтобы прекратить горение в чашку небольшими порциями приливайте воду. Сколько мл воды израсходовано? Объясните процесс. Можно ли тушить водой другие спирты?

Сделайте выводы

в) Приготовьте мерную пробирку с 10 мл раствора соды. В фарфоровую чашечку налейте 3мл этилового спирта и подожгите его. Для того, чтобы прекратить горение, в чашку небольшо-

ми порциями приливайте этот раствор. Что наблюдаете? Сравните результаты опытов б и в.

Сделайте выводы

### **Опыт 3. Выбор огнегасящего состава для тушения целлюлозы**

Реактивы и материалы:

1. Раствор соды (5%);
2. Раствор хлористого кальция (5%);
3. Раствор хлористого аммония (5%)
4. Фильтровальная бумага (целлюлоза).

Оборудование: фарфоровые чашки, мерная пробирка, шпатель, спиртовка, спички.

а) В фарфоровую чашку поместите кусочки фильтровальной бумаги. Подожгите их. К горящему образцу добавьте воду. Что происходит?

б) Образцы фильтровальной бумаги пропитайте растворами огнегасящих составов солей (соды, хлористого кальция, хлористого аммония) В фарфоровую чашку поместите кусочки обработанной фильтровальной бумаги. Подожгите их. Что происходит?

Сделайте выводы.

### **Опыт 4. Пена и ее характеристики: время образования, время разрушения, кратность**

Реактивы и материалы:

1. Раствор ПАВ.

Оборудование: градуированный цилиндр с пробкой объемом 100-500 мл, секундомер.

В градуированный цилиндр с пробкой, объемом 100-500 мл налейте 20-50 мл раствора ПАВ. Затем встряхните цилиндр 10-20 раз, отметьте максимальный уровень пены и время ее образования. После этого замерьте время разрушения (жизни) пены. По указанной формуле рассчитайте кратность пены:

$$K = V_{\text{пены max}} / \sqrt{V_{\text{жидкости}}}$$

Сделайте выводы.

## 7. Вопросы к защите лабораторных работ

### Лабораторная работа №1 «Углеводороды»

1. Агрегатное состояние углеводородов. Строение углеводородной цепи алканов. Связь строения с детонацией при сжигании.
2. Почему в обычных условиях алканы являются инертными соединениями?
3. Какие химические реакции характерны для непредельных соединений, содержащих двойные и тройные связи?
4. Метан горит с потрескиванием, как это связано с НКПВ и ВКПВ? Объясните указанную реакцию.
5. Причины и возможные реакции образования дыма (углерода) при горении алканов, алкенов, ацетилена.
6. С помощью каких реакций можно отличить метан, этилен, ацетилен?
7. Объясните, при сгорании какого топлива: бензина или керосина выделяется больше копоти.

### Лабораторная работа №2 «Исследование свойств кислородсодержащих соединений»

1. В чем причина различной растворимости спиртов в воде?
2. Как можно отличить этиловый спирт от бутилового?
3. Можно ли отличить метиловый спирт от этилового вне химической лаборатории?
4. Какие спирты можно тушить водой при горении?
5. Как отличаются температуры воспламенения и самовоспламенения (на примерах спиртов, ацетона или карбоновых кислот)?
6. Обугливание целлюлозы свидетельствует о наличии какого химического элемента?
7. Какие окислители, кроме указанных в лабораторной работе ( $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) могут привести к воспламенению целлюлозы (бумага, стружки, опилки, вата, х/б ткани)?



### **Лабораторная работа №3 «Реакции горения и разложения полимеров»**

1. В чем сходство полиэтилена и парафина?
2. Сравните полиэтилен низкого и высокого давления.
3. Почему полипропилен имеет большую механическую прочность, чем полиэтилен?
4. ПВХ. Химическая реакция получения. Как опытным путем определить, что данная пластмасса-поливинилхлорид?
5. Как отличить изделия из полистирола от других видов пластмасс?
6. Как доказать наличие винилхлорида и хлористого водорода в продуктах горения ПВХ?
7. Сода пищевая и кальцинированная как антипирены при горении пластмасс. Каков механизм действия?

### **Лабораторная работа №4 «Исследование свойств огнегасящих составов»**

1. Химическая пена. Какие реакции протекают при образовании химической пены?
2. Почему химическую пену не рекомендуют использовать зимой?
3. Характеристики пены: время жизни, кратность. Как их определяют?
4. Какой антипирен эффективнее: гидрокарбонат натрия или гидрокарбонат калия?
5. Почему этанол и метанол можно тушить водой?
6. Соли аммония:  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  используют в качестве антипиренов. Каков механизм действия?
7. Как физико-химические показатели воды: теплоемкость и теплота испарения влияют на тушение пожаров?

## Список литературы


1. Грандберг, И.И. Органическая химия: учебник для вузов./И.И. Грандберг.-5-е изд.М.: Дрофа, 2002. – 672с.
2. Петров, А.А. Органическая химия: учебник для вузов./А.А. Петров, Х.В. Бальян, А.Т. Трощенко.- Спб: «Иван Федоров», 2006. – 624 с.
3. Семчиков, Ю.Д. Высокомолекулярные соединения: Учеб. для вузов/Ю.Д. Семчиков.-М.: Издательский центр «Академия», 2003.-368 с.
4. Технические свойства полимерных материалов [Текст]: учеб.-справ. пособие/ В.К Крыжановский [и др.]. Спб: Профессия, 2003. 240 с.
5. Органическая химия. Учебное пособие, части 1, 2. Мирошников А.М. Орехова С.В. и др. КемТИПП, Кемерово 2010-11 гг.
6. Терехнев, В.В. Подгрушный,А.В.Пожарная тактика. Основы тушения пожаров. Учебное пособие МЧС., М. 2006 г.

## Приложения

### Гомологический ряд алканов


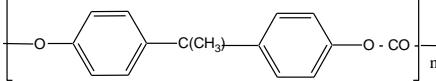
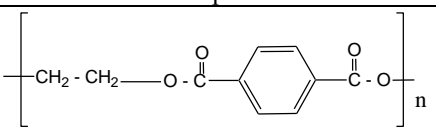
Название углеводорода	Формула	Название углеводорода	Формула
Метан	$\text{CH}_4$	Гексан	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_4 - \text{CH}_3$
Этан	$\text{CH}_3 - \text{CH}_3$	Гептан	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_5 - \text{CH}_3$
Пропан	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	Октан	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_6 - \text{CH}_3$
Бутан	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_2 - \text{CH}_3$	Нонан	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_7 - \text{CH}_3$
Пентан	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_3 - \text{CH}_3$	Декан	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_8 - \text{CH}_3$

### Важнейшие радикалы

$\text{CH}_3 -$ метил	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 -$ этил	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 -$ пропил
$\text{CH}_3 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} -$ изопропил	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_2 - \text{CH}_2 -$ бутил	$\text{CH}_3 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \text{CH}_2 -$ изобутил
$\text{CH}_3 - \underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}} -$ трет-бутил	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} -$ втор-бутил	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_3 - \text{CH}_2 -$ пентил (амил)
$\text{CH}_3 - \underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}} - \text{CH}_2 -$ неопентил	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}} -$ трет-пентил	$\text{CH}_3 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - (\text{CH}_2)_2 -$ изопентил (изоамил)
$\text{CH}_2 = \text{CH} -$ Винил этилен	$\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} -$ 1-пропенил	 фенил

**Приложение 2**

**Химическое строение промышленных полимеров**

Поли- мер	Формула	М	ρ (кг/м <sup>3</sup> )
ПЭВП (HDPE)	$\text{---}[\text{CH}_2\text{---CH}_2]_n\text{---}$ <p style="text-align: center;">полиэтилен</p>	$5\text{-}350 \cdot 10^4$	948- 970
ПЭНП (LDPE)	$\text{---}[\text{CH}_2\text{---CH}_2]_n\text{---}$ <p style="text-align: center;">полиэтилен</p>	$3\text{-}50 \cdot 10^4$	910- 939
ПП	$\text{---}[\text{CH}_2\text{---CH}_2]_n\text{---}$ <p style="text-align: center;">CH<sub>3</sub></p> <p style="text-align: center;">полпропилен</p>	$3\text{-}7 \cdot 10^5$	900- 910
ПС	$\text{---}[\text{CH}_2\text{---CH}_2]_n\text{---}$  <p style="text-align: center;">полистирол</p>	$5\text{-}30 \cdot 10^4$	1050- 1080
ПВХ	$\text{---}[\text{CH}_2\text{---CH}_2]_n\text{---}$ <p style="text-align: center;">Cl</p> <p style="text-align: center;">поливинилхлорид</p>	$3\text{-}15 \cdot 10^4$	1340- 1460
ПТФЭ	$\text{---}[\text{C}(\text{F})_2\text{---C}(\text{F})_2]_n\text{---}$ <p style="text-align: center;">политетрафторэтилен</p>	$1,4\text{-}100 \cdot 10^5$	2150- 2270
ПК	 <p style="text-align: center;">поликарбонат</p>	$2\text{-}5 \cdot 10^4$	1190- 1200
ПЭТФ	 <p style="text-align: center;">полиэтилентерефталат</p>	$2\text{-}4 \cdot 10^4$	1380- 1400

**Приложение 3**

**Продукты горения полимеров**

Материал	Продукты пиролиза	Продукты горения	Температура за-жигания, °С	Кислородный индекс, %
Полиолефины	олефины, парафины, алициклические остатки углеводородов	СО, СО <sup>2</sup>	343	17,4
Полистирол	мономеры, димеры, тримеры стирола	СО, СО <sup>2</sup>	360	18,6
Полиакрилаты	мономеры акрила	СО, СО <sup>2</sup>	338	17,3
ПВХ	ароматические углеводороды, НСl	СО, СО <sup>2</sup> , НСl	454	47 (самозатухающий)
Поликарбонат	СО <sup>2</sup> , фенол	СО, СО <sup>2</sup>	482	27
Полиамид - 6,6	амины, СО, СО <sup>2</sup>	СО, СО <sup>2</sup> , NH <sup>3</sup> , амины	424	28,7 (самозатухающий)

**Приложение 4**

**Температурные характеристики полимерных материалов**

Материал	Пределы рабочих температур, °С		Температура плавления, °С	Температура начала разложения, °С
	Верхн.	Нижн.		
ПЭНП	60-70	-120	100-108	320
ПЭВП	70-80	-150	120-135	330
ПП	95-110	-50	160-168	330
ПВХ	60-85	-20	-	150
ПТФЭ	250-260	-269	-	400
ПС	65-70	-40	160-175	310
АБС	75-85	-60	165-180	-
ПА 6	60	-60	221-223	290-300
ПА 6,6	80-120	-30	254-262	300
ПК	115-135	-120	220-240	280
ПЭТФ	150-160	-60	250-265	290

## Приложение 5

### Физико-химические свойства горючих углеводородов

№	Вещество	Tкип.°C	Tсамовоспл..°C	Скорость распростр пламени. см/с.
1	Метан CH <sub>4</sub>	-161	540	33,8
2	Этан C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	-88	515	40,1
3	Пропан C <sub>3</sub> H <sub>7</sub>	-42	470 (504)	39,0 эталон
4	Гексан C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	69	234	38,5
5	Октан C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	126	220	-
6	Изооктан C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	99,2	418	-
7	Декан C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	174	208	40,2
8	Этилен C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	-103,8		68,3
9	Бутадиен C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	-4,5		54,5
10	Изопрен C <sub>5</sub> H <sub>8</sub>	34,0		45,0
11	Ацетилен C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	-83,6		144

**Приложение 6**

**Физико-химические свойства горючих веществ**

№	Вещество	Ткип., °С	Твспышки в закрытом тигле, °С	Тсамо-воспл..°С	Скорость рас-простр. пламени, см/с.	Концентрационный предел взрываемости, % об.
1	Циклогексан $C_6H_{12}$	80,7		200	38,7	1,3-8,4
2	Бензол $C_6H_6$	80,1	-14	562	40,7	1,4-8
3	Авиационный бензин Б 100/130		-37	440	44,6	1,3-8,4
4	Автомоб. бензин		-39 – -50	355	-	(0,8-7,0)
5	Метиловый спирт	65	8	500	57,2	5,5-36,5
6	Этиловый спирт	78	13	465	55,6	3,28-18,95
7	Керосин тракт.	160-180	28	260		1,4-7,5
8	ДТ летнее	180-200	71	310		
9	ДТ зимнее	170-200	78	240		
10	Мазут флотский	>300	158	390		



## **Оглавление**

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ПОНЯТИЯ.....	4
2. ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ В ХИМИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ.....	5
3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1 «УГЛЕВОДОРОДЫ»	6
4. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 «ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ КИСЛОРОДСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ».....	12
5. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3 «РЕАКЦИИ ГОРЕНИЯ И РАЗЛОЖЕНИЯ ПОЛИМЕРОВ».....	20
6. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4 «ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ОГНЕГАСЯЩИХ СОСТАВОВ».....	26
7. ВОПРОСЫ К ЗАЩИТЕ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ....	32
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	34
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	35

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

**Физико-химические основы развития и тушения  
пожаров**

Методические указания к выполнению лабораторных работ  
для студентов, обучающихся по направлению подготовки 280705  
«Пожарная безопасность» всех форм обучения

*Составители:*

**Мирошников Александр Михайлович  
Орехова Светлана Васильевна**

Редактор Ю.Н. Тулупов  
Технический редактор Е.П. Лопатин  
Художественный редактор Е.П. Лопатин

ЛР № 020524 от 02.06.97  
Подписано в печать 30.12.05. Формат 60×84<sup>1/16</sup>  
Бумага типографская. Гарнитура Times, Arial Black  
Уч.-изд.л. 2,5. Тираж 75  
Заказ №

Оригинал-макет изготовлен в редакционно-издательском отделе  
Кемеровского технологического института пищевой промышленности  
650056, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

ПЛД № 44-09 от 10.10.99  
Отпечатано в лаборатории множительной техники  
Кемеровского технологического института  
пищевой промышленности  
650010, г. Кемерово, ул. Красноармейская, 52