

# **ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРИРОДНЫХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ И УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

*Методические указания к лабораторным работам  
для студентов бакалавриата направления 18.03.01*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
2020**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
Санкт-Петербургский горный университет

Кафедра химических технологий  
и переработки энергоносителей

# ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРИРОДНЫХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ И УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Методические указания к лабораторным работам  
для студентов бакалавриата направления 18.03.01*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
2020

УДК 662.99:669.013 (073)

**ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРИРОДНЫХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ И УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ:** Методические указания к лабораторным работам /Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: *Н.К. Кондрашева, Э.Ю. Георгиева, М.Ю. Назаренко*. СПб, 2020. 63 с.

Изложены цели и задачи дисциплины, даны краткие теоретические сведения по физико-химическим методам анализа, представлены основные расчетные формулы.

Предназначены для студентов бакалавриата направления 18.03.01 «Химическая технология» по профилю «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов», а также могут быть полезны для студентов других специальностей.

Научный редактор проф. *В.В. Васильев*

Рецензент проф. *Б.А. Дмитриевский* ( НПО «Минерал»)

© Санкт-Петербургский  
горный университет, 2020

## **ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРИРОДНЫХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ И УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

*Методические указания к лабораторным работам  
для студентов бакалавриата направления 18.03.01*

Сост.: *Н.К. Кондрашева, Э.Ю. Георгиева, М.Ю. Назаренко*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой  
химических технологий и переработки энергоносителей

Ответственный за выпуск *Н.К. Кондрашева*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 28.05.2020. Формат 60×84/16.

Усл. печ. л. 3,8. Усл.кр.-отт. 3,8. Уч.-изд.л. 3,6. Тираж 50 экз. Заказ 332. С 34.

Санкт-Петербургский горный университет  
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета  
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2

## ВВЕДЕНИЕ

Лабораторный практикум по курсу «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов» предназначены для выполнения лабораторных работ студентами бакалавриата по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология» по профилю «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов».

Целью дисциплины является получение будущим специалистом знаний в области химической технологии. Для исследования исходных продуктов необходимо изучить и установить состав исходного и конечного материала, полученного в ходе технологической переработки. В данной дисциплине рассматриваются приборы для контроля состава различного сырья.

В результате изучения данной дисциплины и выполнения лабораторных занятий студент должен

*знать:*

- методы исследования и способы переработки углеводородного сырья;

- технологические схемы, основные параметры процессов, материальные балансы установок первичной переработки и глубокой переработки нефтяного сырья, а также твердых горючих ископаемых

*уметь:*

- анализировать информацию, выдвигать обоснованные гипотезы и предположения;

- выполнять расчеты материальных и тепловых балансов установок;

- основы теории процесса в химическом реакторе, методику выбора реактора и расчета процесса в нем; основные реакционные процессы и реакторы химической и нефтехимической технологии.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1**

### **АТМОСФЕРНО-ВАКУУМНАЯ ПЕРЕГОНКА НЕФТИ**

**Цель работы:** получение навыков проведения атмосферной и вакуумной перегонки на стандартной лабораторной установке периодического действия и освоение методик анализа качества нефтей.

#### **1. Теоретические сведения**

Подготовленная на ЭЛОУ нефть поступает на установки первичной перегонки для разделения на дистиллятные фракции и мазут или гудрон. Полученные фракции и остаток, как правило, не соответствуют требованиям ГОСТ на товарные нефтепродукты. Поэтому для их облагораживания, а также углубления переработки нефти продукты, полученные на установках атмосферной и атмосферно-вакуумной перегонки, используются в качестве сырья вторичных (деструктивных) процессов в соответствии с вариантом переработки нефти [1 – 4].

Технология первичной перегонки нефти имеет целый ряд принципиальных особенностей, обусловленных природой сырья и требованиями к получаемым продуктам. Нефть как сырье для перегонки обладает следующими свойствами: имеет непрерывный характер выкипания, невысокую термическую стабильность тяжелых фракций и остатков, содержащих значительное количество сложных мало летучих и практически нелетучих смолисто-асфальтовых и серо-, азот- и металл органических соединений, резко ухудшающих эксплуатационные свойства нефтепродуктов и затрудняющих последующую их переработку [1 – 6].

Поскольку температура термической стабильности тяжелых фракций примерно соответствует температурной границе деления нефти между дизельным топливом и мазутом по кривой ИТК, первичную перегонку нефти до мазута проводят обычно при атмосферном давлении, а перегонку мазута – в вакууме. Выбор температурной границы деления нефти при атмосферном давлении между дизельным топливом и мазутом определяется не только термической стабильностью тяжелых фракций нефти, но и технико-

экономическими показателями процесса разделения в целом. В некоторых случаях температурная граница деления нефти определяется требованиями к качеству остатка. Так, при перегонке нефти с получением котельного топлива температурная граница деления проходит около 300 °С, т. е. примерно половина фракции дизельного топлива отбирается с мазутом для получения котельного топлива низкой вязкости.

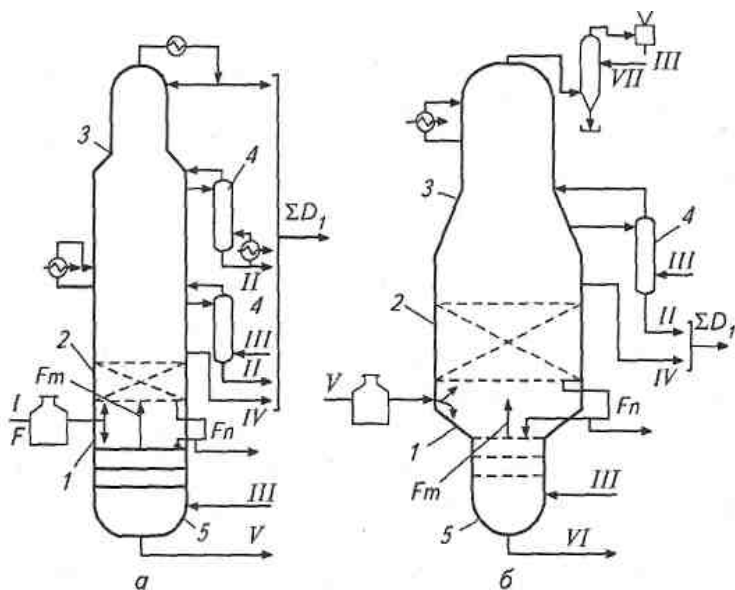
Однако такой вариант в настоящее время не является основным. В последние годы для расширения ресурсов дизельного топлива, а также сырья каталитического крекинга – наиболее важного и освоенного процесса, углубляющего переработку нефти – на установках атмосферной и атмосферно-вакуумной перегонки (АТ и АВТ) осуществляется все более глубокий отбор дизельной фракции и вакуумного газойля соответственно. Для получения же котельного топлива заданной вязкости используется процесс висбрекинга тяжелого остатка вакуумной перегонки [1 – 4].

Таким образом, вопрос обоснования и выбора температурной границы деления нефти зависит от вариантов технологических схем перегонки нефти и мазута и вариантов переработки нефти в целом.

Обычно перегонку нефти и мазута ведут соответственно при атмосферном давлении и в вакууме при максимальной (без крекинга) температуре нагрева сырья с отпариванием легких фракций водяным паром. Сложный состав остатков перегонки требует также организации четкого отделения от них дистиллятных фракций, в том числе и высокоэффективной сепарации фаз при однократном испарении сырья. Для этого устанавливают отбойные элементы, что и позволяет предотвратить унос капель паровым потоком [1 – 6].

Схемы аппаратурно-технологического оформления перегонки нефти и мазута изображены на рисунке 1 [7].

Нефть, нагретая в печи, поступает в секцию питания 1 сложной колонны 3, где происходит однократное ее испарение с отделением в сепарационной секции 2 паров дистиллятной фракции от мазута.



1 – секция питания; 2 – сепарационная секция; 3 – сложная колонна; 4 – боковые отпарные секции; 5 – нижняя отпарная секция; I – нефть; II – дистиллятные фракции; III – водяной пар; IV – затемненный продукт; V – мазут; VI – гудрон; VII – вода.

Рис. 1. Принципиальные схемы атмосферной колонны для перегонки нефти (а) и вакуумной колонны для перегонки мазута (б)

Пары, поднимаясь из секции питания навстречу флегме орошения, разделяются ректификацией на целевые фракции, а из мазута за счет отпаривания водяным паром в нижней отпарной секции 5 выделяются легкокипящие фракции. Отпаривание легкокипящих фракций боковых погоннов производят в боковых отпарных секциях (колоннах) 4 водяным паром или «глухим» подогревом. Орошение в сложной колонне 3 создается конденсацией паров в веру колонны и в промежуточных ее сечениях. Аналогичным образом организуется и процесс разделения мазута в вакуумной колонне.

Эффективная сепарация фаз в секции питания сложной колонны достигается установкой специальных сепараторов жидкости и промывкой потока паров стекающей жидкостью. Для этого режим работы колонны подбирают таким образом, чтобы с нижней сепарационной секции сложной колонны в нижнюю отпарную секцию стекала флегма  $F_n$ , количество которой обусловлено определенным избытком однократного испарения. Если принять расход избытка однократного испарения равным  $F_n - (0,05 \div 0,07)$  доля отгона сырья должна быть на величину  $F_n$  больше отбора дистиллятной фракции.

При правильной организации промывки отбойников и сепарации фаз после однократного испарения тяжелая дистиллятная фракция содержит незначительное количество смолисто-асфальтеновых, сернистых и металл-органических соединений.

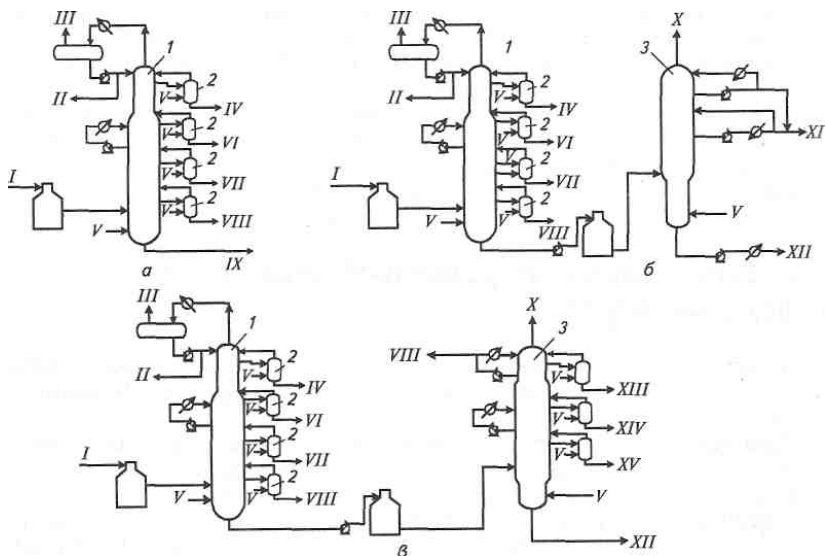
Используемые в промышленности ректификационные системы позволяют обеспечить требуемую степень разделения дистиллятных фракций при оптимальных затратах тепла, необходимого для таких энергоемких процессов, как первичная перегонка нефти и мазута [7].

### ***Классификация установок первичной переработки нефти***

Технологические схемы установок первичной перегонки нефти обычно выбираются для определенного варианта переработки нефти – топливного или топливно-масляного.

При неглубокой переработке нефти по топливному варианту перегонка ее осуществляется на установках АТ (атмосферных трубчатках); при глубокой переработке – на установках АВТ (атмосферно-вакуумных трубчатках) топливного варианта и при переработке по масляному варианту – на установках АВТ масляного варианта (рис. 2). Если установки АТ имеют только атмосферный блок, то установки АВТ – блоки атмосферной и вакуумной перегонки нефти и мазута соответственно. Иногда строят установки ВТ (чаще как секции маслблока или для получения остаточного битума) [7 - 8].





1 — атмосферная колонна; 2 — отпарная секция; 3 — вакуумная колонна  
 I - нефть; II—легкий бензин; III—углеводородный газ; IV— тяжелый бензин; K—  
 водяной пар; VI— керосин; VII— легкое дизельное топливо; VIII— тяжелое  
 дизельное топливо; IX— мазут; X— неконденсируемые газы и водяной пар в ва-  
 куумсоздающую систему; XI— широкая масляная фракция; XII— гудрон; XIII—  
 легкий масляный дистиллят; XIV— средний масляный дистиллят; XV— тяжелый  
 масляный дистиллят

Рис. 2. Принципиальные схемы установок первичной перегонки нефти по  
 топливному варианту неглубокой переработки АТ (а), топливному варианту  
 глубокой переработки АВТ (б) и топливно-масляному варианту (в):

В зависимости от варианта переработки нефти получают  
 различный ассортимент топливных и масляных фракций, а на  
 установках АТ при неглубоком топливном варианте получают  
 компоненты моторных топлив и в остатке мазут (котельное  
 топливо).

По глубокому топливному варианту на атмосферном блоке  
 получают бензиновые, керосиновые и дизельные фракции, а мазут  
 подвергают дальнейшей переработке на блоках вакуумной

перегонки с выделением широкой дистиллятной фракции и гудрона с последующим их крекированием

При топливно-масляном варианте переработки нефти и наличии на заводе установок каталитического крекинга и АВТ большой единичной мощности целесообразно использование комбинированной технологической схемы установки первичной перегонки нефти, обеспечивающей одновременное или раздельное получение из нефти наряду с топливными фракциями широкой и узких масляных фракций. Принципиальные технологические схемы таких установок приведены на рисунке 2.

По данной схеме переработка нефти осуществляется в три ступени: атмосферная перегонка с получением топливных фракций и мазута, вакуумная перегонка мазута с получением узких масляных фракций и гудрона и вакуумная перегонка смеси мазута и гудрона, или с получением широкой масляной фракции и утяжеленного остатка, используемого для производства битума.

Применение двух ступеней вакуумной перегонки с одновременным или раздельным получением широкой и узких масляных фракций придает установкам АВТ значительную технологическую гибкость [7 - 8]. .

### ***Продукты первичной перегонки нефти***

В зависимости от состава нефти, варианта ее переработки и особых требований к топливным и масляным фракциям состав продуктов установок первичной перегонки нефти может быть различным [1 - 8].

Так, при переработке типовых восточных нефтей получают следующие фракции (с условными пределами выкипания по преимущественному содержанию целевых компонентов): бензиновые (н.к.÷140) °С, керосиновые (140÷240) °С, дизельные (240÷350) °С, вакуумный дистиллят (газойль) (350÷490) °С или узкие вакуумные масляные погоны (350÷400) °С, (400÷450) °С и (450÷500) °С, тяжелый остаток > 500 °С – гудрон.

Направления использования продуктов первичной перегонки нефти и мазута.

*Углеводородный газ* состоит в основном из пропана и бутана. Пропан-бутановая фракция используется как сырье газодифракционирующей установки для выделения из нее индивидуальных углеводородов, получения бытового топлива. В зависимости от технологического режима и аппаратного оформления первичной перегонки нефти пропан-бутановая фракция может получаться в сжиженном или газообразном состоянии.

*Бензиновая фракция* (н.к.÷180) °С используется как сырье установки вторичной перегонки бензинов (вторичной ректификации).

*Керосиновая фракция* (120÷240) °С после очистки или облагораживания используется как реактивное топливо; фракция (150÷300) °С – как осветительный керосин или компонент дизельного топлива.

*Фракция дизельного топлива* (180÷350) °С после очистки используется в качестве дизельного топлива; возможно получение компонентов легкого (зимнего) и тяжелого (летнего) дизельного топлива соответствующего фракционного состава, например (180÷240) °С и (240÷350) °С. Фракция (200÷220) °С парафинистых нефтей используется как сырье для производства жидких парафинов – основы для получения синтетических моющих средств.

*Атмосферный газойль* (330÷360) °С – затемненный продукт, получается на установке АВТ, работающей по топливному варианту; используется в смеси с вакуумным газойлем в качестве сырья установки каталитического крекинга.

*Мазут* – остаток первичной перегонки нефти; облегченный мазут (> 330 °С) может использоваться в качестве котельного топлива, утяжеленный мазут (> 360 °С) – как сырье для последующей переработки на масляные фракции до гудрона. В настоящее время мазут может использоваться также как сырье установок каталитического крекинга или гидрокрекинга (ранее применялся в качестве сырья установок термического крекинга).

*Широкая масляная фракция* (вакуумный газойль) (350÷500) °С или (350÷550) °С используется как сырье установки каталитического крекинга и гидрокрекинга.

*Узкие масляные фракции* (350÷400) °С, (400÷450) °С и (450÷500) °С после соответствующей очистки от сернистых соединений, полициклических ароматических и нормальных парафиновых углеводородов используются для производства смазочных масел.

*Гудрон* – остаток вакуумной перегонки мазута – подвергается дальнейшей переработке с целью получения остаточных масел, кокса и (или) битума, а также котельного топлива путем снижения вязкости на установках висбрекинга [1 - 8].

## **2. Порядок выполнения работы**

Перегонка нефти в лабораторном аппарате позволяет определить потенциальное содержание фракций, т.е. отношение массы бензиновых, керосиновых и других фракций к массе исходной нефти.

Определение проводят на лабораторной установке (рис.3) по ГОСТ 11011 – 85 [10]. На этом же аппарате определяют содержание фракций, выкипающих до температуры 360 °С в мазутах, проводят отбор масляных фракций для определения их потенциального содержания.

Ректификационная колонка аппарата 14 заполнена насадкой. Вначале засыпают 150 см<sup>3</sup> крупной насадки высотой отрезка спирали 12 мм, диаметром витка 5 мм. Затем насыпают мелкую насадку 1400 см<sup>3</sup> высотой отрезка спирали 6 мм, диаметром витка 3 мм. Во избежание уплотнения к мелкой насадке добавляют 250 см<sup>3</sup> крупной насадки. Колонка имеет электрообогрев и покрыта изоляцией. Аппарат снабжен двумя кубиками для загрузки нефти (1,9 л и 3,0 л). Кубик 3 нагревается электрической печью 2. Подъем, остановка и опускание печи осуществляется путем нажатия соответствующих кнопок на пульте. Узел конденсации паров состоит из обратного холодильника 10 и головки конденсатора 12.

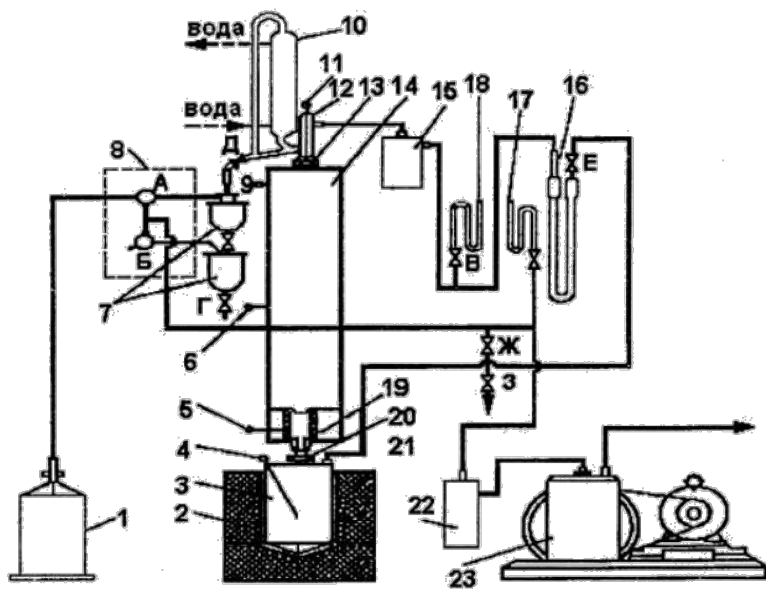


Рис. 3. Схема технологического блока лабораторного аппарата прямой перегонки нефти: 1 – буферная емкость; 2 – печь; 3 – кубик; 4 – термопара кубика; 5, 6, 9 – термопары колонки; 7 – приемник; 8 – манифольд; 10 – обратный холодильник; 11 – термопара головки конденсатора; 12 – головка конденсатора; 13, 20 – накидные гайки; 14 – ректификационная колонка; 15, 22 – ловушки; 16 – дифференциальный манометр; 17, 18 – вакуумметры; 19 – решетка; 21 – открытая трубка; 23 – вакуумный насос

Приемник 7 представляет собой две соединенные краном стеклянные воронки. Буферная емкость 1 необходима для поддержания вакуума в системе. Ловушки устанавливают между головкой конденсатора и вакуумметром 18, между вакуумметром 17 и вакуумметром 23. Для отбора фракций, наладки режима служат краны: А – трехходовой, Б – полулунный, остальные – обычные. Тремя термопарами 5, 6, 9 контролируются температура верха, середины и низа колонки, термопарой 11 – температура головки конденсатора, термопарой 4 – температура в кубике. Все показания регистрируются потенциометром. Дифференциальный манометр 16 служит для замера перепада давлений между кубиком и верхом

колонки. Остаточное давление в парах измеряет ртутный вакуумметр 18, остаточное давление в приемнике – вакуумметр 17. Температура дна, стенки печи и колонки регулируется при помощи автотрансформаторов (типа ЛАТР – 1).

Перед началом перегонки нефть обезвоживают, отбирают в газометр, подключенный к лабораторному аппарату. Кубик соединяют с дифференциальным манометром, вставляют термопару. В холодильник пускают воду, в рубашки приемников помещают лед (при необходимости). Обогрев регулируют так, чтобы разгонка началась через  $(1,5 \div 2)$  часа.

После установления равновесия кран Д открывают и начинают отбор фракции при скорости  $(3 \div 4)$  мл/мин (при загрузке 3 л) и  $(2 \div 2,5)$  мл/мин (при загрузке 1,9 л). В зависимости от цели перегонки фракции отбирают в пределах заданных температур или по заданному объему (с последующим пересчетом объема массу). При атмосферном давлении фракции отбирают до температуры  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$  в парах (для сернистых и высокосернистых нефтей – до  $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Затем обогрев колонки и печи выключают, печь опускают, аппарат остывает до температуры кубика  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Далее аппарат снова включают в сеть, поднимают электропечь, включают обогрев кубика и колонки. Включают вакуумный насос и постепенно, закрывая зажим 3, доводят остаточное давление до  $1333,3\text{ Па}$  ( $10\text{ мм рт. ст.}$ ). При этом давлении отбирают фракции, выкипающие в пределах от  $180$  ( $200$ )  $^{\circ}\text{C}$  до  $320\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Фракции, выкипающие при температуре выше  $320\text{ }^{\circ}\text{C}$ , отбирают при остаточном давлении  $(133,3 \div 266,6)\text{ Па}$  или  $(1 \div 2)\text{ мм рт. ст.}$

Для отбора фракций кран В закрывают, кран Б ставят в положение, при котором нижняя воронка приемника соединяется с атмосферой, открывают кран Г и фракцию сливают в тарированную колбу.

Разность температуры кипения в парах и в кубике: при отборе бензиновых фракций – не выше  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , керосиновых фракций –  $(80 \div 100)\text{ }^{\circ}\text{C}$ , дизельных фракций –  $(50 \div 80)\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Показания динамометра (в мм керосинового столба) при отборе: бензиновых фракций – не выше 50, керосиновых и дизельных фракций – до 100.

После окончания вакуумной перегонки всю систему охлаждают под вакуумом и только после этого выключают вакуумный насос.

Для пересчета температуры кипения в вакууме в температуру кипения при атмосферном давлении пользуются специальной номограммой.

Режим перегонки записывается в таблицу 1, а полученный материальный баланс – в таблицу 2. и

Таблица 1

<b>Режим перегонки</b>			
Время, мин	Температура, °С		Скорость, мл/мин
	в жидкостях	в парах	

Таблица 2

<b>Материальный баланс перегонки нефти</b>			
Наименование продукта	Выход, г	Массовый выход, % на сырье	$\rho_4^{20}$
Взято:			
Сырая нефть			
Получено:			
Фракция: (н.к.÷140) °С			
Фракция: (140 ÷200) °С			
Остаток выше 200 °С			

Определение содержания воды в нефти по ГОСТ 2477 – 65 (приложение А).

### **3. Оформление результатов работы:**

а) краткая теоретическая часть, в которой необходимо изложить назначение установок первичной переработки нефти, основные продукты, получаемые на установке;

б) описание методики выполнения работы с чертежом установки, результаты работы;

в) рекомендации по дальнейшему использованию полученных фракций

#### **4. Мероприятия по технике безопасности:**

1. Осторожно обращаться с ртутным динамометром. При разливе ртути поступить согласно инструкции по технике безопасности.

2. Слив остатка из куба колонки производить только после его охлаждения до температуры не выше 100 °С обязательно в рукавицах и в сухую металлическую посуду.

3. Не оставлять включенную колонку без присмотра.

#### **5. Контрольные вопросы:**

1. Классификация нефтей по содержанию серы по ГОСТ Р 51858 – 2002.

2. Разделение нефтей, поступающих на НПЗ, по степени подготовки на группы по ГОСТ Р 51858 –2002.

3. Требования к нефтям, поступающим на установки первичной переработки, по содержанию хлористых солей и воды.

4. Вредное влияние солей в процессе перегонки нефти.

5. Вредное влияние воды в процессе перегонки нефти.

6. Перегонка нефти в присутствии испаряющего агента.

7. Вакуумная перегонка нефтяных фракций.

8. Продукты, получаемые при атмосферной перегонке нефти и их дальнейшее использование

9. Продукты, получаемые при вакуумной перегонке мазута и их дальнейшее использование.

10. Направления переработки нефти.



## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ФРАКЦИЙ БЕНЗИНА И РЕАКТИВНОГО ТОПЛИВА

**Цель работы:** получение навыков анализа качества фракций бензина, полученного при первичной переработке, с целью их использования для получения товарных продуктов или направления на дальнейшую переработку.

### 1. Теоретические сведения

Бензины предназначены для применения в поршневых двигателях внутреннего сгорания с принудительным воспламенением (от искры). В зависимости от назначения их разделяют на *автомобильные* и *авиационные*. Несмотря на различия в условиях применения автомобильные и авиационные бензины характеризуются в основном общими показателями качества, определяющими их физико-химические и эксплуатационные свойства [10].

#### *Автомобильные бензины*

По составу автомобильные бензины представляют собой смесь компонентов, получаемых в результате различных технологических процессов: *прямой перегонки* нефти, *каталитического риформинга*, *каталитического крекинга* и *гидрокрекинга* вакуумного газойля, *изомеризации* прямогонных фракций, *алкилирования*, *ароматизации* термического крекинга, *висбрекинга*, *замедленного коксования*. Компонентный состав бензина зависит, в основном, от его марки и определяется набором технологических установок на нефтеперерабатывающем заводе.

Базовым компонентом для выработки автомобильных бензинов являются обычно бензины каталитического риформинга или каталитического крекинга. Бензины каталитического риформинга характеризуются низким содержанием серы, в их составе практически отсутствуют олефины, поэтому они высокостабильны при хранении. Однако повышенное содержание в них ароматических углеводородов (до 70 %) с экологической точки зрения является лимитирующим фактором. К их недостаткам также

относится неравномерность распределения детонационной стойкости по фракциям.

Бензины каталитического крекинга характеризуются низкой массовой долей серы, октановыми числами по исследовательскому методу (90÷93) единицы. Содержание в них ароматических углеводородов составляет (30÷40) %, олефиновых – (25÷35) %. В их составе практически отсутствуют диеновые углеводороды, поэтому они обладают относительно высокой химической стабильностью, индукционный период (800÷900) мин. По сравнению с бензинами каталитического риформинга для бензинов каталитического крекинга характерно более равномерное распределение детонационной стойкости по фракциям. Поэтому в качестве базы для производства автомобильных бензинов целесообразно использовать смесь компонентов каталитического риформинга и каталитического крекинга [1 – 8, 10].

### *Авиационные бензины*

Авиационные бензины предназначены для применения в поршневых авиационных двигателях. В отличие от автомобильных двигателей, в авиационных используется в большинстве случаев принудительный впрыск топлива во впускную систему, что определяет некоторые особенности авиационных бензинов по сравнению с автомобильными. В связи с жесткими условиями применения авиационных бензинов к ним предъявляются более высокие требования, чем к автомобильным, в их состав входят компоненты ограниченного числа технологических процессов: прямой перегонки нефти, каталитического риформинга, алкилирования, ароматизации (т.е. компоненты, обладающие высокими антидетонационными свойствами и химической стабильностью). В состав авиационных бензинов могут также входить продукты изомеризации прямогонных фракций. Продукты вторичных процессов, содержащие олефиновые углеводороды, для получения авиационных бензинов не используются. С целью улучшения антидетонационных свойств бензинов в них вводят тетраэтилсвинец в больших количествах, чем в автомобильные бензины. Для стабилизации этиловой жидкости при хранении авиабензинов добавляется антиокислитель 4-оксидифениламин или

Агидол–1. Как и все этилированные топлива, для безопасности в обращении и маркировки, авиационные бензины должны быть окрашены [1 – 8, 10].

### *Свойства бензинов*

Современные автомобильные и авиационные бензины должны удовлетворять ряду требований, обеспечивающих экономичную и надежную работу двигателя, и требованиям эксплуатации [10 – 11]:

- иметь хорошую испаряемость, позволяющую получить однородную топливовоздушную смесь оптимального состава при любых температурах;
- иметь групповой углеводородный состав, обеспечивающий устойчивый, бездетонационный процесс сгорания на всех режимах работы двигателя;
- не изменять своего состава и свойств при длительном хранении и не оказывать вредного влияния на детали топливной системы, резервуары, резинотехнические изделия;
- иметь хорошие антидетонационные характеристики и др.
- в последние годы экологические свойства топлива выдвигаются на первый план.

**Испаряемость.** Для обеспечения полного сгорания топлива в двигателе необходимо перевести его в короткий промежуток времени из жидкого состояния в парообразное и смешать с воздухом в определенном соотношении – 1:14 – т.е. создать рабочую смесь. К физико-химическим показателям, от которых зависит испаряемость бензинов, относят давление насыщенных паров, фракционный состав, скрытую теплоту испарения, коэффициент диффузии паров, вязкость, поверхностное натяжение, теплоемкость, плотность. Из перечисленных показателей важнейшими, определяющими испаряемость бензинов, являются давление насыщенных паров и фракционный состав. По вязкости, поверхностному натяжению, скрытой теплоте испарения, коэффициенту диффузии паров, теплоемкости бензины разного состава сравнительно мало различаются между собой, и эти различия нивелируются

конструктивными особенностями двигателей. Давление насыщенных паров и фракционный состав являются функциями состава бензина, и эти показатели могут существенно различаться для разных бензинов. Эти два параметра определяют пусковые свойства бензинов, их склонность к образованию паровых пробок, физическую стабильность [10 – 11].

**Давление насыщенных паров** зависит от температуры и от соотношения паровой и жидкой фаз и уменьшается с уменьшением температуры и увеличением отношения паровой фазы к жидкой. В лабораторных условиях давление насыщенных паров определяют при температуре 37,8 °С и соотношении паровой и жидкой фаз (3,8÷4,2):1 в "Бомбе Рейда" (ГОСТ 1756-52) или аппарате с механическим диспергированием типа "Вихрь" (ГОСТ 28781-90).

**Фракционный состав бензинов** определяют перегонкой на специальном приборе, при этом отмечают температуру начала перегонки, температуру выпаривания 10 %, 50 %, 90 % и конца кипения, или объем выпаривания при 70 °С, 100 °С и 180 °С. Требования к фракционному составу и давлению насыщенных паров бензинов определяются конструкцией автомобильного двигателя и климатическими условиями его эксплуатации.

**Детонационная стойкость.** Этот показатель характеризует способность автомобильных бензинов противостоять самовоспламенению при сжатии. Высокая детонационная стойкость топлив обеспечивает их нормальное сгорание на всех режимах эксплуатации двигателя. Процесс горения топлива в двигателе носит радикальный характер. При сжатии рабочей смеси температура и давление повышаются и начинается окисление углеводородов, которое интенсифицируется после воспламенения смеси. Если углеводороды несгоревшей части топлива обладают недостаточной стойкостью к окислению, начинается интенсивное накапливание перекисных соединений, а затем их взрывной распад. При высокой концентрации перекисных соединений происходит тепловой взрыв, который вызывает самовоспламенение топлива. Самовоспламенение части рабочей смеси перед фронтом пламени приводит к взрывному горению оставшейся части топлива, к так называемому детонационному сгоранию. Детонация вызывает перегрев,

повышенный износ или даже местные разрушения двигателя и сопровождается резким характерным звуком, падением мощности, увеличением дымности выхлопа. На возникновение детонации оказывает влияние состав применяемого бензина и конструктивные особенности двигателя [10 – 11].

Показателем детонационной стойкости автомобильных бензинов является **октановое число**. Октановое число численно равно содержанию (% об.) изооктана (2,2,4,-триметилпентана) в его смеси с н – гептаном, которая по детонационной стойкости эквивалентна топливу, испытываемому на одноцилиндровом двигателе с переменной степенью сжатия в стандартных условиях на бедной рабочей смеси. В лабораторных условиях октановое число автомобильных бензинов и их компонентов определяют на одноцилиндровых моторных установках УИТ-85 или УИТ-65. Склонность исследуемого топлива к детонации оценивается сравнением его с эталонным топливом, детонационная стойкость которого известна. Октановое число на установках определяется двумя методами: моторным (по ГОСТ 511-82) и исследовательским (по ГОСТ 8226-82).

Методы отличаются условиями проведения испытаний. Испытания по моторному методу проводят при более напряженном режиме работы одноцилиндровой установки, чем по исследовательскому. Поэтому октановое число, определенное моторным методом, обычно ниже октанового числа, определенного исследовательским методом. Октановое число, полученное моторным методом в большей степени характеризует детонационную стойкость топлива при эксплуатации автомобиля в условиях повышенного теплового форсированного режима, октановое число, полученное исследовательским методом, больше характеризует бензин при работе на частичных нагрузках в условиях городской езды.

Детонационная стойкость автомобильных бензинов определяется их углеводородным составом. Наибольшей детонационной стойкостью обладают ароматические углеводороды. Самая низкая детонационная стойкость у парафиновых углеводородов нормального строения, причем она уменьшается с

увеличением их молекулярной массы. Изопарафины и олефиновые углеводороды обладают более высокими антидетонационными свойствами по сравнению с нормальными парафинами. Увеличение степени разветвленности и снижение молекулярной массы повышает их детонационную стойкость. По детонационной стойкости нафтены превосходят парафиновые углеводороды, но уступают ароматическим углеводородам.

Разницу между октановыми числами бензина, определенными двумя методами, называют **чувствительностью бензина**. Наибольшую чувствительность имеют олефиновые углеводороды. Чувствительность ароматических углеводородов несколько ниже. Для парафиновых углеводородов эта разница очень мала, а высокомолекулярные низкооктановые парафиновые углеводороды имеют отрицательную чувствительность. Соответственно более по чувствительности (9÷12 ед.) отличаются бензины каталитического крекинга и каталитического риформинга, содержащие непредельные и ароматические углеводороды. Менее чувствительны (1÷2 ед.) к режиму работы двигателя алкилбензин и прямогонные бензины, состоящие из парафиновых и изопарафиновых углеводородов.

**Химическая стабильность.** Этот показатель характеризует способность бензина сохранять свои свойства и состав при длительном хранении, перекачках, транспортировании или при нагревании впускной системы двигателя. Химические изменения в бензине, происходящие в условиях транспортирования или хранения, связаны с окислением входящих в его состав углеводородов. Следовательно, химическая стабильность бензинов определяется скоростью реакций окисления, которая зависит от условий процесса и строения окисляемых углеводородов.

При окислении бензинов происходит накопление в них смолистых веществ, образующихся в результате окислительной полимеризации и конденсации продуктов окисления. На начальных стадиях окисления содержание в бензине смолистых веществ невелико, и они полностью растворимы в нем. По мере углубления процесса окисления количество смолистых веществ увеличивается, и снижается их растворимость в бензине. Накопление в бензинах

продуктов окисления резко ухудшает их эксплуатационные свойства. Смолянистые вещества могут выпадать из топлива, образуя отложения в резервуарах, трубопроводах и др. Окисление нестабильных бензинов при нагревании во впускной системе двигателя приводит к образованию отложений на ее элементах, а также увеличивает склонность к нагарообразованию на клапанах, в камере сгорания и на свечах зажигания.

Окисление топлив представляет собой сложный, многостадийный свободнорадикальный процесс, происходящий в присутствии кислорода воздуха. Скорость реакции окисления углеводородов резко возрастает с повышением температуры. Контакт с металлом оказывает каталитическое воздействие на процесс окисления. Низкую химическую стабильность имеют олефиновые углеводороды, особенно диолефины с сопряженными двойными связями. Высокой реакционной способностью обладают также ароматические углеводороды с двойной связью в боковой цепи. Наиболее устойчивы к окислению парафиновые углеводороды нормального строения и ароматические углеводороды. Химическая стабильность автомобильных бензинов определяется в основном их углеводородным составом.

Наибольшей склонностью к окислению обладают бензины термического крекинга, коксования, пиролиза, каталитического крекинга, которые в значительных количествах содержат олефиновые и диолефиновые углеводороды. Бензины каталитического риформинга, прямогонные бензины, алкилбензин химически стабильны.

Химическую стабильность товарных бензинов и их компонентов оценивают стандартными методами путем ускоренного окисления при температуре 100 °С и давлении кислорода по ГОСТ 4039-88. Этим методом определяют индукционный период, т.е. время от начала испытания до начала процесса окисления бензина. Чем выше индукционный период, тем выше стойкость бензина к окислению при длительном хранении. По индукционным периодам бензины различных технологических процессов существенно различаются. Индукционные периоды бензинов термического крекинга составляют (50÷250) мин;

каталитического крекинга – (240÷1000) мин; прямой перегонки - более 1200 мин; каталитического риформинга - более 1500 мин.

**Эксплуатационные свойства.** Автомобильные бензины должны быть химически нейтральными и не вызывать коррозию металлов и емкостей, а продукты их сгорания - коррозию деталей двигателя. Коррозионная активность бензинов и продуктов их сгорания зависит от содержания общей и меркаптановой серы, кислотности, содержания водорастворимых кислот и щелочей, присутствия воды. Эти показатели нормируются в нормативно-технической документации на бензины. Бензин должен выдерживать испытание на медной пластинке. Эффективным средством защиты от коррозии топливной аппаратуры является добавление в бензины специальных антикоррозионных или многофункциональных присадок [10 – 11].

## **2. Порядок выполнения работы**

Для бензиновой фракции после осушки выполняются следующие анализы: определение давления насыщенных паров (по ГОСТ 1756 – 52), испытание на медной пластине (по ГОСТ 6321 – 69), определение плотности аэрометром (по ГОСТ 3900 – 85) [12 – 14].

### ***Определение давления насыщенных паров***

Давление насыщенных паров автомобильных и авиационных бензинов характеризует легкость запуска холодного двигателя и возможность образования паровых пробок в системе подачи топлива.

Давление насыщенных паров (ДНП) в соответствии с ГОСТ 1756 – 52 [12] определяется в стандартной металлической «бомбе» путем замера давления по манометру при 38 °С.



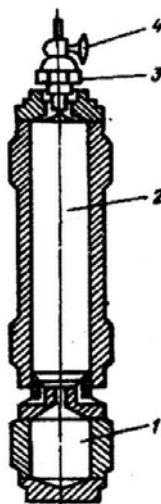


Рис. 4. Прибор определения давления насыщенных паров: 1 – топливная камера, 2 – воздушная камера, 3- ниппель, 4 – газовый кран

Прибор для определения ДНП (рис. 4) состоит из металлической бомбы, водяной бани и манометра. Металлическая бомба состоит из двух частей: топливной камеры 1 и воздушной камеры 2, которые соединяются на резьбе. Верхняя крышка воздушной камеры снабжена привинчивающимся ниппелем 3 с газовым краном 4 и наконечником для надевания резиновой трубки. Верхняя часть бомбы может быть выполнена для подсоединения пружинного манометра.

Водяная баня должна быть таких размеров, чтобы металлическая бомба могла погрузиться в нее полностью вместе с краном.

Заливать топливо в топливную камеру и собирать аппарат необходимо в возможно короткий срок во избежание потерь легких фракций. Аппарат погружают в водяную баню, открывают кран 4 и через 5 минут отмечают давление по манометру. Затем закрывают кран 4, извлекают аппарат из бани, опрокидывают, сильно встряхивают и снова ставят в баню. Эту операцию повторяют несколько раз через каждые 2 мин. После установления постоянного

давления записывают показания манометра «неисправленное давление насыщенных паров».

Поправку  $P$  (в мм рт. ст.) вычисляют по формуле:

$$\Delta P = \frac{(P_a - P_t)(t - 38)}{t + 273} (P_{38} - P_t) \quad (1)$$

где  $P_a$  – атмосферное давление, мм рт. ст.;  $P_t$  – давление по манометру, мм рт. ст.;  $t$  – температура воздуха, °С;  $P_{38}$  – давление насыщенных паров воды при 38 °С (49,5 мм рт. ст.).

Поправку  $P$  можно определить из прилагаемой ниже таблицы 3.

Таблица 3

**Поправка к манометрической величине ДНП (в мм рт. ст.)**

Температура воздуха, °С	Поправка в мм рт. ст. при следующих барометрических давлениях										
	760	750	740	730	720	700	680	660	640	620	600
15	-97	-96	-95	-94	-93	-92	-90	-89	-87	-85	-84
16	-93	-92	-91	-91	-90	-88	-87	-85	-84	-82	-81
17	-89	-88	-88	-87	-86	-85	-83	-82	-81	-79	-78
18	-85	-85	-84	-83	-83	-81	-80	-79	-77	-76	-74
19	-82	-81	-80	-80	-79	-78	-76	-75	-74	-73	-71
20	-78	-77	-77	-76	-75	-74	-73	-72	-70	-69	-68
21	-74	-73	-73	-72	-72	-70	-69	-68	-67	-66	-65
22	-70	-69	-69	-68	-68	-67	-66	-65	-63	-62	-61
23	-66	-66	-65	-65	-64	-63	-62	-61	-60	-59	-58
24	-62	-62	-61	-61	-60	-59	-58	-57	-56	-55	-55

Продолжение табл. 3

Температура воздуха, °С	Поправка в мм рт. ст. при следующих барометрических давлениях										
	760	750	740	730	720	700	680	660	640	620	600
25	-58	-58	-57	-57	-56	-55	-55	-54	-53	-52	-51
26	-54	-54	-53	-53	-52	-52	-51	-50	-49	-48	-48

27	-50	-50	-49	-49	-48	-48	-47	-46	-46	-45	-44
----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

### **Испытание на медной пластине**

Испытание на медной пластинке является весьма чувствительной качественной пробой на присутствие активных сернистых соединений (S, H<sub>2</sub>S и меркаптаны). Даже при очень малом содержании элементарной серы в бензине (0,00001 %) медная пластинка, погруженная в этот бензин на 3 ч при 50 °С, покрывается бледно-серыми пятнами. Минимальное присутствие H<sub>2</sub>S приводит в этих условиях к окрашиванию пластинки в серый цвет с красными разводами. Менее чувствительна пластинка к воздействию меркаптанов.

Испытание по ГОСТ 6321 – 69 [13] проводят с пластинками из электролитной меди, отшлифованная до блеска. Отшлифованные пластинки промывают спиртом и высушивают на фильтровальной бумаге, после чего руками их трогать нельзя. Испытуемое топливо наливают в пробирку высотой (140÷150) мм и диаметром (15÷20) мм примерно до половины ее высоты и туда же щипцами опускают медную пластинку. Пробирку закрывают корковой пробкой и помещают в водяную баню, нагретую до 50 °С. Уровень воды в бане должен быть выше уровня топлива в пробирках. Для каждого образца проводят два параллельных испытания. Через 3 ч пластинки вынимают и промывают ацетоном.

Если медная пластинка хотя бы в одной из параллельных проб покрылась черными, темно-коричневыми или серо-стальными налетами, топливо считается не выдержавшим испытание на медной пластинке и бракуется.

### **Определение плотности аэрометром**

Абсолютной плотностью вещества называется масса, содержащаяся в единице объема. В системе СИ плотность выражается в кг/м<sup>3</sup>. За единицу абсолютной плотности принята масса 1 м<sup>3</sup> дистиллированной воды при температуре 4 °С.

Относительной плотностью называется величина отношения массы вещества к массе дистиллированной воды, взятой в том же объеме при 4 °С.

Нефтепродукты и вода имеют неодинаковые коэффициенты расширения, поэтому при определении плотности необходимо указывать температуру, при которой проводилось определение.

В России плотность нефти и нефтепродуктов определяют при температуре 20 °С и относят к плотности воды при 4 °С. Обозначают относительную плотность  $\rho_4^{20}$ . На практике часто приходится определять плотность при температуре, отличающейся от 20 °С. Для пересчета плотности используется формула, предложенная Д.И Менделеевым:

$$\rho_4^t = \rho_4^{20} - \alpha \cdot (t - 20) \quad (2)$$

где  $\rho_4^t$  - плотность при температуре испытания;  $t$ ; – температурная поправка к плотности.

Из этой формулы можно рассчитать плотность при 20 °С:

$$\rho_4^{20} = \rho_4^t + \alpha \cdot (t - 20) \quad (3)$$

Плотность является нормируемым показателем для многих нефтепродуктов и определяется в основном ареометрами (нефтенсиметрами), гидростатическими весами Вестфаля-Моря и с помощью пикнометров.

Методика определения плотности ареометром заключается в следующем [14]. В стеклянный цилиндр осторожно по стенке наливают испытуемый нефтепродукт в таком количестве, чтобы при погружении в него ареометра уровень жидкости не поднялся выше края цилиндра. Ареометр берут за верхний конец и осторожно опускают в жидкость. После того, как ареометр установится, производят отсчет показания плотности по верхнему краю мениска. Одновременно отмечают температуру нефтепродукта. Если температура отличается от 20 °С, делается расчет плотности при 20 °С вышеприведенной формуле (3).

Коэффициент  $\alpha$  берется из таблицы 4.

Таблица 4

Значения температура поправок к плотности			
Плотность, г/см <sup>3</sup>	$\alpha$	Плотность, г/см <sup>3</sup>	$\alpha$
0,6900÷0,6999	0,000910	0,8500÷0,8599	0,000699
0,7000÷0,7099	0,000897	0,8600÷0,8699	0,000686
0,7100÷0,7199	0,000884	0,8700÷0,8799	0,000673
0,7200÷0,7299	0,000870	0,8800÷0,8899	0,000660
0,7300÷0,7399	0,000857	0,8900÷0,8999	0,000647
0,7400÷0,7499	0,000844	0,9000÷0,9099	0,000633
0,7500÷0,7599	0,000831	0,9100÷0,9199	0,000620
0,7600÷0,7699	0,000818	0,9200÷0,9299	0,000607
0,7700÷0,7799	0,000805	0,9300÷0,9399	0,000594
0,7800÷0,7899	0,000792	0,9400÷0,9499	0,000581
0,7900÷0,7999	0,000778	0,9500÷0,9599	0,000567
0,8000÷0,8099	0,000765	0,9600÷0,9699	0,000554
0,8100÷0,8199	0,000752	0,9700÷0,9799	0,000541
0,8200÷0,8299	0,000738	0,9800÷0,9899	0,000522
0,8300÷0,8399	0,000725	0,9900÷0,9999	0,000515
0,8400÷0,8499	0,000712		

Для фракций реактивного топлива после осушки выполняются следующие анализы: фракционный состав (по ГОСТ 2177 – 82); определение содержания фактических смол (по ГОСТ 8489 – 85).

### Определение фракционного состава

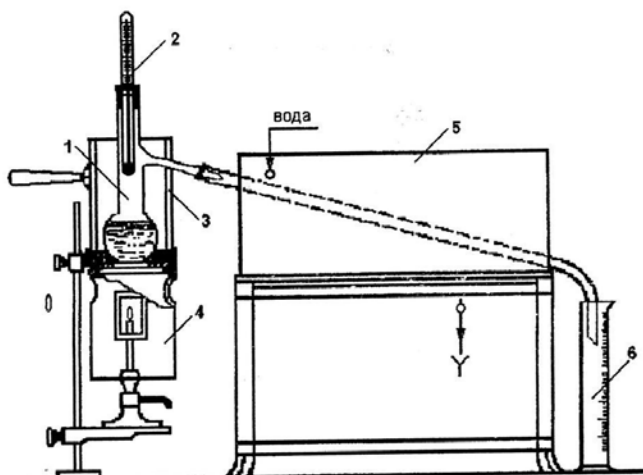


Рис. 5. Аппарат для разгонки нефтепродуктов по ГОСТ 2177 – 82: 1 – колба, 2 – термометра, 3,4 – кожуха, 5 – холодильник, 6 – мерный цилиндр

В чистую сухую колбу для перегонки с помощью мерного цилиндра наливают 100 мл испытуемого нефтепродукта. Затем в горловину колбы вставляют на пробке термометр с температурной шкалой от 0 °С до 360 °С. При этом ось термометра должна совпадать с осью горловины колбы, а верх ртутного шарика находиться на уровне нижнего края отводной трубки в месте ее припая.

Протирают трубку холодильника с помощью ватного тампона и соединяют с ней отводную трубку колбы 1 с помощью пробки. Отводная трубка колбы должна входить в трубку холодильника на (25÷40) мм и не касаться ее стенок.

Охлаждение проводится проточной водой. Температура воды после холодильника должна быть не более 30 °С.

В собранном приборе колба должна состоять на асбестовой прокладке нижнего кожуха строго вертикально. Закрывают колбу верхним кожухом. Мерный цилиндр ставят под нижний конец трубки холодильника так, чтобы трубка холодильника входила в цилиндр не менее чем на 25 мм, не ниже метки 100 мл. Отверстие цилиндра закрывают ватой.

Для нагрева колбы используется газовая горелка. Для соблюдения стандартных условий разгонки необходимо регулировать обогрев таким образом, чтобы от начала нагрева до падения первой капли дистиллята в мерный цилиндр б прошло не менее 5 и не более 10 мин, для керосинов и легких дизельных топлив (10÷15 мин).

Температуру, при которой в мерный цилиндр падает первая капля, отмечают как температуру начала кипения испытуемого продукта. Дальнейшая интенсивность нагрева должна обеспечивать равномерную скорость перегонки с отбором примерно (20÷25) капель за 10 с. Отмечают температуры отбора определенного количества дистиллята (в мл, что соответствует объемным %) в зависимости от требований ГОСТ по фракционному составу на соответствующие продукты.

После отгона 90 % нефтепродукта нагрев регулируется так, чтобы до конца перегонки прошло от 3 до 5 мин. Обогрев отключают, когда в мерном цилиндре объем станет равным наибольшему нормируемому количеству отгона (97,5 %; 98 % и т.п.) для данного продукта. Если нормируется конец кипения, то нагрев ведут до тех пор, пока ртутный столбик термометра не остановится на некоторой максимальной высоте, а затем начнет опускаться.

Запись последнего объема дистиллята в мерном цилиндре проводят по истечении 5 мин после прекращения нагрева, чтобы дистиллят стек из холодильника. Затем прибор разбирают, сливают горячий остаток из колбы 1 в цилиндр вместимостью 10 мл. после охлаждения до  $20 \pm 3$  °С отмечают объем остатка. Потери определяются как разность между 100 мл и суммой объемов дистиллята и остатка.

Для двух параллельных разгонок допускаются следующие расхождения: для температуры начала перегонки 4 °С, для промежуточных и конечных точек фракционного состава – 2 °С и 1 мл; для остатка – 0,2 мл.

### **Определение содержания фактических смол**

Смолы образуются в топливах в результате окисления, конденсации и полимеризации нестабильных углеводородов. Наличие фактических смол характеризует способность топлив к

образованию осадков, отложение и нагаров в топливной системе и в самом двигателе. Длительное хранение бензина, керосина, дизельного топлива приводит к накоплению в них фактических смол.

Метод определения заключается в выпаривании испытуемого топлива под струей водяного пара в условиях испытания и служит для условной оценки склонности топлива к смолообразованию при его применении в двигателе.

Схема прибора представлена на рисунке 6.

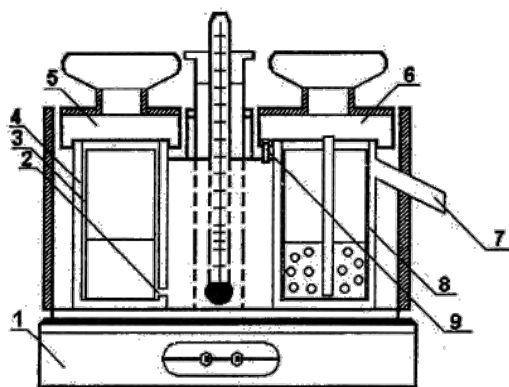


Рис. 6. Аппарат для определения фактических смол по ГОСТ 8489 – 85:  
1 – электроплитка, 2 – канал для пара, 3 – карманы для стаканов с водой, 4 – блок бани, 5, 6 – шлифованные крышки, 7 – паропроводная трубка, 8 – карманы для стаканов с топливом, 9 – ниппели

Прибор собирают и подготавливают в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

В зависимости от фракционного состава испытуемого топлива устанавливают следующий температурный режим:  $(180 \pm 3)^\circ\text{C}$  – для топлив с температурной конца перегонки до  $310^\circ\text{C}$  (керосин);  $(225 \pm 3)^\circ\text{C}$  – для топлив, выкипающих выше  $300^\circ\text{C}$  (дизтопливо).

Тщательно промытые толуолом или ацетоном стаканы ставят в карманы прибора, нагретого до температуры испытания, плотно закрывают крышками и выдерживают 20 мин, после чего снимают крышки и через 2 мин стаканы вынимают щипцами из



карманов, охлаждают 40 мин в эксикаторе и взвешивают с погрешностью не более 0,0002 г.

В стаканы для воды наливают дистиллированную воду в количестве 35 см<sup>3</sup> при испытании керосинов, 60 см<sup>3</sup> – дизельных топлив.

Измерительным цилиндром или пипеткой отмеряют в два стакана керосина по 20 см<sup>3</sup>, дизтоплива – по 10 см<sup>3</sup>.

Стаканы с топливом помещают в гнезда прибора, нагретого до заданной температуры. Гнезда плотно закрывают крышками так, чтобы ниппели вошли в каналы, а шлифованные плоскости крышек и карманов герметически соприкасались, не пропуская паров топлива.

Немедленно после этой операции два стакана с водой ставят в гнезда и также плотно закрывают крышками. Спустя 60 мин после того, как были поставлены стаканами с водой, открывают крышки гнезд и через 2 мин щипцами вынимают стаканы из гнезд.

Стаканы со смолами помещают в эксикатор, охлаждают 40 мин и взвешивают с погрешностью не более 0,0002 г.

Концентрацию фактических смол (X) в миллиграммах на 100 см<sup>3</sup> топлива в каждом стакане рассчитывают по формуле:

$$\rho_4^t = \rho_4^{20} - \alpha \cdot (t - 20) \quad (4)$$

где  $m_1$  – масса чистого стакана, мг;  $m_2$  – масса стакана со смолами, мг;  $V$  – объем топлива, налитого в стакан для испытания, см<sup>3</sup>.

Расхождения между результатами двух определений не должны превышать 2 мг (при содержании смол до 15 мг) и 3 мг (при содержании смол от 15 до 40 мг). Результат испытания округляют до целых единиц.

### **Оформление результатов работы**

Краткая теоретическая часть о значении давления насыщенных паров для характеристики пусковых свойств бензина

и возможности образования паровых пробок в системе подачи топлива.

Что определяется испытанием бензина на медной пластине?

Значение плотности, фракционного состава и содержания смол в реактивном топливе для его качественной характеристики.

Краткое описание методики проведения каждого анализа с обязательным эскизом прибора. Результаты анализа сравниваются с требованиями ГОСТ (приложение Б) и делаются выводы о соответствии или несоответствии исследованного показателя требованиям ГОСТ на соответствующий товарный нефтепродукт.

Для того, чтобы сравнить плотность, фракционный состав и содержание фактических смол с требованиями ГОСТ (приложение В,Г) на реактивное топливо, необходимо определить марку реактивного топлива, которое можно получить из данной нефти (если нефть малосернистая, то сравнение проводится с топливом Т-1, если нефть сернистая или высокосернистая – то с топливом ТС-1.

### **Мероприятия по технике безопасности:**

1. Следить за тем, чтобы вблизи открытого огня или горячих и нагретых приборов не переливать нефтепродукты.

2. Все нефтепродукты, с которыми производятся работы, должны находиться в закрытой посуде и устанавливаться на металлическом противне.

3. После выполнения каждого анализа проверить: выключены ли электроприборы; закрыты ли электроприборы; закрыты ли водяные и газовые краны; убраны ли нефтепродукты в шкаф; убрано ли рабочее место.

### **Контрольные вопросы**

1. Пределы выкипания бензиновых фракций и пути их дальнейшего использования.

2. Основные требования, предъявляемые к авиационным и автомобильным бензинам.

3. Давление насыщенных паров (определение). Допустимые значения давления насыщенных паров для авто- и авиабензинов.

4. Сернистые соединения, присутствующие в бензинах. Допустимое содержание серы.

5. Октановое число. Методы определения октанового числа. Пути повышения октанового числа. Сортность. Маркировка авиационных бензинов. Обоснование. Марки автомобильных бензинов.

6. Основные требования, предъявляемые к реактивным топливам. Обоснование. Марки реактивных топлив.

7. Влияние фактических смол на работу реактивного двигателя.

8. Причина ограниченного содержания меркаптанов в реактивном топливе.

9. Пути повышения термоокисленной стабильности реактивных топлив.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ФРАКЦИЙ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА**

**Цель работы:** получение и отработка навыков по изучению качества фракций дизельного топлива.

### **1. Теоретические сведения**

Дизельное топливо – один из наиболее распространенных продуктов нефтеперегонки. Специфика его получения уже давно известна и широко применима. Сочетание гидроочищенных и прямогонных фракций влияет на получение солярки определенного вида. В соответствии с общегосударственными стандартами, в результате такой перегонки получается три основных вида дизтоплива [15]:

- летнее, которое используется при температуре выше 0 °С;
- зимнее, подходящее для применения при сильных морозах (от -20 °С до -30 °С);
- арктическое, применяемое для очень низкого температурного режима (-50 °С).

Каждый из данных видов имеет свою температуру замерзания и характеризуется определенным процентом содержания серы.

К числу более основательных отличительных параметров дизельного топлива относится [15]:

- циановое число, которое определяет работу двигателя с точки зрения качества воспламеняемости солярки и ее сгорания. От него напрямую зависит мощность двигателя, его основные показатели шумности;
- плотность и вязкость имеет определяющее значение, поскольку отвечает за скорость испарения и образование на механизме смесей;
- общие температурные показатели, к числу которых относится температура помутнения состава, фильтрации и застывания. Температура помутнения для большинства видов солярки одинаковая – порядка – 5 °С. Летние марки будут застывать при температуре – 10 °С, для зимних видов необходимо понижение до – 35 °С.
- стабильность с точки зрения стойкости к окислению во время хранения. Окисление провоцирует появлением осадка, который крайне негативно влияет на эксплуатационные характеристики. В протекционных целях в дизельное топливо добавляются специальные присадки.

## **2. Оформление результатов работы:**

Кратко освещается значение анализируемого показателя для характеристики качества топлива. Далее описывается методика выполнения анализов с эскизами работ. Приводятся результаты анализа. Данные анализа сравниваются с требованиями ГОСТ (приложение В,Г) не товарное летнее дизельное топливо и делается вывод о применимости исследованной фракции в качестве товарного топлива или его компонента.

## **3. Мероприятия по технике безопасности:**

1. Заполнение вискозиметра проводить с помощью резиновой груши или шприца.

2. Во избежание раздавливания стекла при закреплении вискозиметра следует пользоваться мягкими прокладками.

3. Нельзя определить температуру вспышки сильно обводненному продукту, так как может произойти выброс из прибора при нагревании.

#### **4.Контрольные вопросы:**

1. Квалификация дизельных топлив. Марки дизельных топлив.

2. Основные требования, предъявляемые к дизельным топливам. Обоснование.

3. Температура вспышки. Зависимость ее от фракционного состава нефтепродукта. Что характеризует температура вспышки для светлых нефтепродуктов и масел?

4. Температура самовоспламенения. Зависимость ее от фракционного и химического состава нефтепродукта. Что характеризует температура самовоспламенения?

5. Цетановое число, зависимость его от химического состава дизельного топлива. Добавки, повышающие цетановое число, механизм их действия.

7. Цетановое число, зависимость его от химического состава дизельного топлива. Добавки, повышающие цетановое число, механизм их действия.

7. Вязкость (определение). Зависимость вязкости от температуры и давления. Показатели оценки вязкостно-температурных свойств.

8. Влияние вязкости дизельного топлива на работу системы подачи топлива и полноту сгорания топлива в цилиндре двигателя.

9. Методы определения температуры вспышки. Причина различия в температурах вспышки, определенных открытым и закрытым способом для одного и того же продукта.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

(справочное)

### КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ВОДЫ

(по ГОСТ 2477 – 65) [16]

К вредным примесям в нефтях относятся: вода, соли и механические примеси. Пластовая вода является постоянным спутником нефти и при наличии в нефти эмульгаторов образует эмульсии, которые при транспортировании нефти на НПЗ стабилизируются. Наличие воды повышает затраты на переработку нефти, усиливает коррозию аппаратуры и при определенных условиях может привести к возникновению аварийной ситуации.

Отложение солей и механических примесей на поверхности теплообменных аппаратов приводит к снижению коэффициента теплопередачи. Отложение солей и механических примесей на внутренней поверхности печных труб может привести к их прогару. Хлористые соли вызывают коррозию аппаратов и оборудования вследствие гидролиза с образованием соляной кислоты. Кроме того, соли повышают зольность остаточных продуктов перегонки нефти.

Сущность определения заключается в отгонке воды и растворителя от нефти (нефтепродукта) с последующим их разделением в градуированном приемнике на два слоя. В качестве растворителя применяют бензиновые фракции и изооктан.

Прибор для определения содержания воды изображен на рисунке 7.

Пробу испытуемого продукта перемешивают в течение 5 мин.

В сухую и чистую колбу 1 отвешивают около 100 г испытуемого нефтепродукта, приливают 100 мл растворителя и перемешивают. Для равномерного кипения в колбу помещают несколько кусочков пемзы или несколько стеклянных капилляров.

Когда прибор собран и укреплен в штативе, пускают воду в холодильник и начинают нагревать колбу электроплите или газовой горелке. Нагрев регулируют так, чтобы в приемник-ловушку из холодильника стекало (2÷4) капли конденсата в секунду. Конденсат, состоящий из растворителя и воды, в приемнике-ловушке быстро расслаивается вследствие разности плотностей. Когда количество

воды (нижний слой) в ловушке перестанет увеличиваться и верхний слой станет прозрачным, перегонку прекращают.



Рис. 7. Прибор для определения содержания воды по ГОСТ 2477- 65:  
1 – колба, 2 – приемник-ловушка, 3 – обратный холодильник

Массовое содержание воды, ( $X$ , %) вычисляют по формуле:

$$X = \frac{V}{g} \cdot 100 \quad (4)$$

где  $V$  – объем воды в ловушке, мл;  $g$  – навеска испытуемого вещества, г.

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б**

(справочное)  
**ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА АВИАЦИОННЫХ  
БЕНЗИНОВ**  
(по ГОСТ 1012 – 72)

Показатель	Нормы по маркам	
	Б – 95/130	Б – 91/115
Содержание тетраэтилсвинца, г/кг, не более	3,1	2,5
Октановое число (моторный метод), не менее	95	91
Сортность на богатой смеси, не менее	130	115
Фракционный состав:		
температура н.к., °С, не ниже	40	
отгоняется при температуре, °С, не выше:		
10 %	82	
50 %	105	
90 %	145	
97,5 %	180	
Давление насыщенных паров, Па (мм рт. ст.)		
не менее	33325 (250)	29326 (220)
не более	45422 (340)	47988 (360)
Удельная теплота сгорания, кДж/кг (ккал/кг), не менее	42497 (10250)	
Содержание серы, % мас., не более	0,3	
Содержание аренов, % мас., не более	35	
Температура начала кристаллизации, °С, не выше	минус 60	



## ПРИЛОЖЕНИЕ В

(справочное)

### ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ТОПЛИВ ДЛЯ РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ, ВЫРАБАТЫВАЕМЫХ по ГОСТ 10227-86 и ГОСТ 12308-89

Показатель	Марки топлив						
	ТС-1		Т-1	Т-2	РТ	Т-6	Т8-в
	Выс- ший сорт	Пер- вый Сор- т	Пер- вый Сор- т	Пер- вый Сор- т	Выс- ший сорт		
Плотность при 20 <sup>0</sup> С, кг/м <sup>3</sup> , не менее	780	775	800	755	775	840	800
Кинематическая вязкость, мм <sup>2</sup> /с при 20 <sup>0</sup> С, не менее при минус 40, не более	1,30	1,25	1,50	1,06	125	До 4,5 60	Выше 1,5 16
	8	8	16	6	16		
Фракционный состав:							
Температура перегонки в <sup>0</sup> С,							
Не ниже	-	-	-	60	135	195	165
Не выше	150	150	150	-	155	-	-
Отгоняется при температуре в <sup>0</sup> С, не выше							
10 %	165	175	175	145	175	220	185
50 %	195	225	225	195	225	255	не нормируется
90 %	230	270	270	250	270	290	не нормируется
98 %	250	280	280	280	280	315	280
Низшая теплота сгорания, кДж/кг, не менее	43120	42900	42900	43120	43120	42900	42900
Высота	25	20	20	25	25	20	20

Показатель	Марки топлив						
	ТС-1		Т-1	Т-2	РТ	Т-6	Т8-в
некоптящего пламени, мм, не менее							
Йодное число, г йода на 100г топлива, не более	2,5	3,5	2,0	3,5	0,5	0,8	0,9
Температура вспышки в закрытом тигле, °С, не ниже	28		30	-	28	62	45
Температура начала кристаллизации, °С, не ниже	- 60				-55	-60	-50
Содержание, % масс., не более ароматических углеводородов	22	22	20	22	22	10	22
Общей серы	0,20	0,25	0,10	0,25	0,1	0,05	0,1
Меркаптановой серы	0,003	0,005	-	0,005	0,001	отс.	0,001
Концентрация фактических смол, мг на 100 см <sup>3</sup> топлива, не более	3	5	6	5	4		
Кислотность, КОН мг на 100 см <sup>3</sup> , топлива:							
В топливе без противоизносной присадки, не более						0,5	-
В топливе с противоизносной присадкой						0,4-0,7	0,4-0,7

**ПРИЛОЖЕНИЕ Г**

(справочное)

**ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ,  
ВЫРАБАТЫВАЕМЫХ по ГОСТ 305 – 82 и ТУ 38.1011348 – 99**

Показатель	ГОСТ 305-82			ТУ 38.1011348-99			
	Д	З	А	ДЛЭ Ч-В	ДЛЭ Ч	ДЗЭЧ	ДЗЭЧ
Цетановое число, не менее	45			49	45		
Фракционный состав:							
Отгоняется при температуре, °С, не выше:							
50 %	280	280	255	280	280		
96 %	360	340	330	360	340		
Температура вспышки в закрытом тигле, не ниже:							
Для тепловозных, судовых двигателей и газовых турбин	62	40	35	62	40		
Для дизелей общего назначения	40	35	30	40	35		
Температура помутнения, °С, не выше для климатической зоны:							
Умеренной	- 10	-35	-	-10	-35		
Холодной	-	-45	55	-	-		
Кинематическая вязкость при 20 <sup>0</sup> С, мм <sup>2</sup> /с	3,0-6,0	1,8-5,0	1,5-4,0	3,0-6,0	1,8-5,0		
Предельная температура фильтруемости, °С, не выше	-			-5			
Плотность при 20 <sup>0</sup> С, кг/м <sup>3</sup> не более	860	840	830	860	840		
Содержание серы, % не более							
Вид I	0,2			0,035			

Показатель	ГОСТ 305-82			ТУ 38.1011348-99			
	Д	З	А	ДЛЭ Ч-В	ДЛЭ Ч	ДЗЭЧ	ДЗЭЧ
Вид II	0,5			0,05			
Вид III	-			0,10			
Содержание, % масс. не более							
Меркаптановой серы	0,01			-	-	-	-
Ароматических углеводородов	-			20	-	20	-

## **ПРИЛОЖЕНИЕ Д**

### **ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ В ХИМИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ**

Работа в химической лаборатории неизбежно связана с рядом опасных и вредных факторов. Для обеспечения безопасности людей необходимо соблюдать определенные правила. Неумелое или небрежное обращение с химическими реактивами и оборудованием может привести к несчастному случаю.

Химическая лаборатория оборудована специальными рабочими столами, шкафами и полками для реактивов, посуды, растворов. Для работы с ядовитыми летучими веществами имеются вытяжные шкафы. Лаборатория снабжена водопроводом и канализацией.

Мебель и оборудование располагаются так, чтобы проходы между столами и выход из лаборатории были всегда свободными для обеспечения возможности быстрой эвакуации людей в экстренных случаях.

В химической лаборатории обязательно имеются средства противопожарной безопасности, а также аптечка для оказания первой помощи.

#### **1. Общие правила поведения в лаборатории**

1. Лабораторные работы выполняются студентами во время, предусмотренное расписанием занятий. Категорически запрещается работать в лаборатории в неустановленное время без разрешения преподавателя.

2. В лаборатории никогда нельзя работать одному.

3. Запрещается посещение студентов, работающих в лаборатории, посторонними лицами, а также отвлечение студентов посторонними работами и разговорами.

4. В лаборатории необходимо соблюдать порядок и тишину. Шум и посторонние разговоры отвлекают внимание и могут привести к ошибкам в работе.

5. Нельзя находиться в лаборатории в верхней одежде. Следует работать обязательно в халате, застегивающемся спереди,

иметь при себе полотенце. *Студенты без халата к выполнению работ не допускаются.*

6. Категорически запрещается принимать пищу, пить воду в лаборатории.

7. Запрещается проводить какие-либо опыты, не предусмотренные программой практикума, приносить свои реактивы, выносить реактивы из лаборатории.

8. К выполнению лабораторной работы можно приступать после тщательного изучения методики и правил работы с приборами.

9. На рабочем столе должны находиться необходимые реактивы, оборудование и посуда, рабочий журнал. Поверхность стола должна быть чистой и сухой. Не следует загромождать стол посторонними предметами, ставить на него портфели, сумки и т.д.

10. Во время работы не следует спешить и суетиться. Торопливость, беспорядочность и неряшливость приводят к неудачам в работе, а иногда и к несчастным случаям. Если при выполнении работы возникают какие-либо затруднения, нужно обратиться за советом к лаборанту или преподавателю.

11. При выполнении лабораторной работы все операции необходимо выполнять над столом.

12. После окончания работы следует вымыть посуду, отключить электроприборы, выключить воду, привести в порядок рабочее место и сдать его лаборанту. Бумагу, использованные фильтры, мусор, осколки разбившейся посуды необходимо выбрасывать в мусорное ведро, ни в коем случае не в раковину. О случаях нарушения порядка (разбита посуда, испорчены реактивы и т.п.) необходимо сообщить преподавателю или лаборанту.

## **2. Правила работы с химическими реактивами**

Химические реактивы хранят чаще всего в стеклянной реактивной таре – склянках (с узким горлышком) для жидкостей и банках (с широким горлом) для твердых веществ. Склянки и банки с реактивами должны быть обязательно закрыты и снабжены этикетками с указанием названия, химической формулы вещества и необходимой информации, например, концентрация растворов,

содержание основного вещества и т.д. Условия хранения реактивов зависят от их свойств. Непосредственно в лаборатории хранят в небольших количествах реактивы, необходимые для текущей работы. Основное место хранения – сухой, проветриваемый склад. Недопустимо хранить рядом реактивы, которые могут реагировать между собой, например, концентрированные растворы аммиака и летучих кислот. Летучие реактивы (эфир, бром, концентрированный аммиак, соляная и азотная кислоты) хранят в сосудах с тщательной герметизацией.

В лаборатории банки и склянки с реактивами хранят в специальном шкафу. Ядовитые, летучие и огнеопасные вещества в количествах, необходимых для работы в течение рабочего дня, ставят в вытяжной шкаф. Склянки с растворами веществ, не разлагающихся под действием света, можно ставить на открытые полки.

При работе с химическими реактивами необходимо соблюдать ряд правил. Несоблюдение их может привести к отравлениям, ожогам, повреждениям глаз, дыхательных путей и другим нежелательным последствиям (порче оборудования, одежды, личных вещей):

1. Ни в коем случае нельзя пробовать реактивы на вкус.
2. Нюхать реактивы следует только в случае необходимости и очень осторожно.
3. Недопустимо брать твердые реактивы руками. Следует пользоваться чистым и сухим шпателем. Реактив, случайно просыпавшийся на стол, неизбежно загрязняется, его нельзя высыпать обратно в банку.
4. Жидкие реактивы, например, различные растворы, переливают, пользуясь воронкой.
5. Реактивы следует расходовать экономно.
6. Нельзя путать пробки и крышки от склянок и банок, так как это ведет к загрязнению реактивов.
7. Опыты с едкими, ядовитыми, сильно пахнущими веществами проводят в вытяжном шкафу.

Особого внимания требует работа с концентрированными растворами кислот и щелочей, которые могут вызывать тяжелые,

плохо заживающие химические ожоги. Такую же опасность представляют некоторые растворы, например, хромовая смесь, в состав которой входит концентрированная серная кислота.

1. Если концентрированная кислота прольется на пол, ее тут же следует засыпать песком, собрать его и вынести из помещения, облитое место обработать раствором соды.

2. Концентрированные растворы кислот запрещается выливать в раковину. Оработанные кислоты разбавляют, нейтрализуют содой, нейтральные растворы можно затем сливать в канализацию.

3. Во избежание разбрызгивания растворы кислот и щелочей наливают, располагая склянку непосредственно над сосудом. При наливании растворов пользуются воронкой. При случайном разливе растворов на стол их необходимо сразу убрать.

4. При отборе проб растворов кислот и щелочей их следует набирать в пипетку с помощью груши.

5. При попадании кислот на руки, лицо, одежду их смывают проточной водой в течение 15 мин, затем пораженное место обрабатывают 2%-ным раствором гидрокарбоната натрия (питьевая сода). При попадании растворов щелочей пораженное место также промывают большим количеством воды, а затем обрабатывают 2% раствором борной или уксусной кислоты.

6. В случае попадания кислоты в глаза после промывания водой в течение (10÷15) мин продолжают промывание 2% раствором гидрокарбоната натрия.

Особенно опасны ожоги глаз щелочью, так как после них остаются рубцы на роговице. При попадании щелочи в глаза необходимо промыть их водой в течение (10÷15) мин водой, а затем рекомендуется продолжить промывание физиологическим раствором в течение (30÷60) мин.

*При поражении глаз химическими веществами после тщательного промывания следует немедленно обратиться к врачу.*

### **3. Работа со стеклянной посудой и приборами**

Работа со стеклом требует внимания, определенных навыков и выполнения ряда правил:



1. Для работы используют только чистую посуду без трещин и других повреждений.

2. Со стеклянной посудой и приборами (в том числе и термометрами) нужно обращаться бережно, не класть на край стола, не задевать локтями, рукавами халата.

3. При сборке приборов, при укреплении колб и бюреток в штативе, пробирок в пробиркодержателе и других операциях не следует применять больших усилий.

4. Если возникают затруднения при открывании притертой пробки, надо, обернув горлышко колбы полотенцем, попытаться открыть, осторожно покачивая пробку. Можно осторожно постучать по горлышку, немного нагреть его теплым полотенцем.

5. Нагревать на электроплитке можно только термостойкие стаканы и колбы, проследив предварительно, чтобы внешняя поверхность сосуда была сухой.

6. Если разбился стеклянный предмет, следует немедленно собрать осколки стекла со стола и пола.

7. В случае небольшого пореза надо осмотреть рану (удалить осколки), промыть ее и обработать 3%-ным раствором перекиси водорода или смазать края 3%-м спиртовым раствором йода и забинтовать. При более серьезных порезах первую помощь оказывает лаборант или преподаватель;

После окончания работы посуду необходимо тщательно вымыть и сполоснуть дистиллированной водой.

#### **4. Работа с ртутными термометрами**

В химической лаборатории применяются ртутные и спиртовые термометры. Особенно внимательно следует работать с ртутными термометрами и в частности с термометром Бекмана, резервуар которого содержит большое количество ртути. Все операции с термометром Бекмана следует проводить над специальным подносом, так чтобы ртуть можно было легко собрать, если термометр случайно разобьется.

Ртуть – чрезвычайно подвижная жидкость. Если разбивается термометр, то мельчайшие шарики ртути раскатываются по всему помещению, попадая в самые незначительные щели и

труднодоступные места. Пролитую ртуть очень трудно собрать полностью. Даже небольшие ее количества, оставшиеся в щелях в виде мелких, часто невидимых невооруженным глазом капель, интенсивно испаряются и быстро создают в замкнутом помещении опасные для здоровья работающих концентрации паров.

Пары металлической ртути, как и большинство ее химических соединений, обладают чрезвычайно высокой токсичностью. Даже в концентрациях, в сотни и тысячи раз превышающих предельно допустимую, пары ртути не обладают запахом или цветом, не оказывают немедленного раздражающего действия. Достаточно в небольшом помещении разбить всего один ртутный термометр и не провести тщательную демеркуризацию, чтобы работающие в этом помещении с течением времени получили ртутное отравление.

В случае, если ртуть оказалась пролитой на мебель, приборы и на пол, следует немедленно прекратить работы и приступить к ее уборке, которая включает следующие действия:

1. Собрать видимые капли ртути в специальную склянку с помощью резиновой груши или ватным тампоном, смазанным гидрофобной смазкой (маслом). Собранную ртуть нельзя выливать в канализацию.

2. Место разлива обработать 20%-ным раствором хлорида железа (III), оставить до полного высыхания.

3. Через 1 – 2 суток поверхность тщательно вымыть раствором моющего средства, а затем чистой водой.

## **5. Техника безопасности при работе с электроприборами**

Прикосновение человека к электроприборам и электрическим проводам, находящимся под напряжением, сопровождается прохождением тока через определенные части тела. Степень поражения электрическим током определяется силой тока. Степень поражения зависит от напряжения и в значительной степени от сопротивления тела человека и сопротивления изоляции. Чем выше напряжение и меньше сопротивление, тем больше сила

тока и тем сильнее поражающее действие электрического тока. Сопротивление тела человека снижается при работе во влажной атмосфере. Особенно опасно, когда у работающего мокрая обувь, одежда, руки и т.д.

Различают следующие основные виды поражения организма электрическим током:

1. *Электрическая травма.* Выражается в расстройстве сердечнососудистой и дыхательной систем, которые приводят к спазмам диафрагмы, сердечной мышцы, судорогам, потере сознания.

2. *Электрический удар.* Представляет собой возбуждение живых тканей проходящим через организм током.

3. *Электрический шок.* Заключается в расстройстве центральной нервной системы под действием тока. Происходят нарушение функций кровеносной системы, обмена веществ и даже нервно-психические расстройства.

4. *Электрические ожоги.* Это разновидность электротравм, которая возникает при контакте с токоведущими частями либо при воздействии электрической дуги. Наиболее тяжелый случай, когда возникает электрическая дуга между токоведущей частью электроприбора и телом человека. При этом могут происходить ожоги внутренних органов.

5. *Электрические знаки.* Образуются при унесении током частичек материалы проводника. При этом кожа уплотняется, и в ее порах откладываются частички материала (металла).

При одной и той же силе тока следует учитывать и другие факторы:

1. *Род тока.* До напряжения порядка 300 В постоянный ток безопасней переменного. При напряжении выше 300 В постоянный ток становится более опасным.

2. *Продолжительность воздействия тока.* Чем дольше тело человека находится под напряжением, тем больше изменений происходит в организме, в частности, происходит снижение сопротивления кожи и, следовательно, увеличивается сила тока. Сопротивление кожи становится минимальным, если она повреждена или увлажнена.

3. *Путь тока в организме человека.* Если ток проходит кратчайшим путем и не затрагивает жизненно-важных органов (например, вдоль ладони руки), то поражение будет минимальным. Если же ток проходит, например от одной руки к другой и затрагивает спинной мозг, сердце, органы дыхания и т.д. – поражение становится максимальным.

4. *Частота тока.* Частота переменного тока в электрических сетях составляет 50 Гц. С ростом частоты поражающий фактор медленно и незначительно уменьшается. Практически безвреден ток частотой более 50 кГц, но при этом мощность такого тока должна быть небольшой. Такие токи вызывают только нагревание внутренних органов. Это явление используется в физиотерапии.

В химических лабораториях безопасное для жизни напряжение не превышает 12 В.

Меры безопасности при работе с электроприборами:

1. В лаборатории должен быть общий рубильник для включения и выключения внутрилабораторной сети.

2. В лаборатории следует использовать приборы заводского изготовления. При их эксплуатации необходимо руководствоваться паспортом и инструкцией завода изготовителя.

3. Электроприборы в лаборатории должны быть обязательно заземлены. Целостность заземления проверяется лаборантом.

4. Не следует пользоваться неисправными приборами, приборами с нарушенной изоляцией, с расшатанными штепсельными вилками.

5. Электрические приборы (особенно электронагревательные) нельзя оставлять без присмотра.

6. Все электронагревательные приборы независимо от мощности должны иметь достаточную тепловую изоляцию со всех сторон.

7. Нельзя брать мокрыми руками за штепсельные вилки и подвергать электроприборы и провода воздействию влаги.

Первая помощь при поражении электрическим током:

1. Обесточить пострадавшего. Для этого следует отключить общий рубильник или данную установку. Если это невозможно, то,

используют сухую одежду, палку и т.д., чтобы обесточить пострадавшего.

2. Если пострадавший в сознании, ему необходимо обеспечить покой до прибытия врача. При бессознательном состоянии оказать первую помощь (уложить, расстегнуть одежду, создать приток свежего воздуха, дать нюхать нашатырный спирт, обрызгать водой и согреть тело, делать искусственное дыхание).

## **6. Основные правила противопожарной безопасности**

Причинами возникновения пожара в лаборатории могут быть неисправность электропроводки, электроприборов, неправильное обращение с горючими и взрывоопасными веществами. Особая осторожность необходима при работе с легковоспламеняющимися жидкостями (ЛВЖ) – эфиром, ацетоном, толуолом, бензином и т.д. В частности, диэтиловый (серный) эфир, легко испаряясь, образует с воздухом взрывоопасные смеси.

Для предотвращения возможности возгорания необходимо внимательно следить за тем, чтобы вблизи нагревательных приборов и особенно вблизи открытого пламени не находились ЛВЖ, чтобы с нагретой поверхностью электроплитки и с открытым пламенем не соприкасались резиновые шланги, бумага, полотенце, рукава халата, длинные волосы (они должны быть обязательно подобраны).

При возникновении пожара необходимо немедленно, но без паники

- громко оповестить работающих в лаборатории;
- выключить электроприборы;
- убрать от огня все горючие вещества и склянки с горючими жидкостями;
- спокойно, но быстро приступить к тушению пожара.

Во многих случаях очаг возгорания нельзя заливать водой (горящие органические жидкости, смеси, содержащие металлический натрий, кальций, электропроводка). Очаг можно засыпать песком, который обязательно имеется в лаборатории. Помните, песок – самое надежное и простое средство тушения пожара. В ряде случаев можно использовать асбестовое одеяло.

Большие очаги пожара ликвидируют с помощью углекислотного огнетушителя.

При возгорании одежды нельзя бегать по комнате. Чтобы ограничить доступ воздуха к загоревшейся одежде, надо немедленно набросить на пострадавшего асбестовое одеяло, халат и т.п. Можно потушить пламя, перекатываясь по полу.

## 7. Химическая посуда

В лаборатории используется стеклянная, фарфоровая, металлическая посуда. Наиболее часто опыты проводят в стеклянной посуде.

Стеклянная химическая посуда условно делится на три группы: посуда общего назначения, мерная посуда, специальная посуда. Посуда общего назначения используется для самых разнообразных целей. Изготавливается она из обычного и термостойкого стекла:

1. *Пробирки* служат для проведения опытов с небольшими количествами веществ. Обычная лабораторная пробирка имеет размеры 15×150 мм и емкость около 20 мл. При проведении опыта не следует заполнять пробирку более чем на 1/3 объема. Перемешивают реактивы в пробирке легким встряхиванием, постукивая по ней. Нельзя перемешивать вещества резким встряхиванием, закрыв отверстие пробирки пальцем. Нагревают жидкость в пробирке на водяной бане или на открытом пламени, закрепив ее в пробиркодержателе. При этом нагревают не дно пробирки, а сначала верхнюю часть жидкости, затем прогревают всю пробирку. Пробирку держат отверстием от себя и от работающих рядом, чтобы в случае внезапного выброса горячей жидкости она ни на кого не попала.

2. *Химические стаканы* – тонкостенные сосуды цилиндрической формы. Они предназначены для выполнения различных операций – приготовления растворов, проведения некоторых химических реакций и т.д. Химические стаканы изготавливаются в соответствии с ГОСТ, емкость их бывает различной – от 50 мл до 2 л. Различаются они и по форме (высокие и низкие, с носиком и без носика).

3. *Плоскодонные и конические колбы* применяются для самых различных работ (приготовление растворов, фильтрование и т.д.). Небольшие конические колбы, иначе называемые колбами Эрленмейера, применяются для титрования. Емкость плоскодонных конических колб может быть различной – от 25 мл до 5 л. Изготавливают разнообразные колбы: с узким и широким горлом, с обычным цилиндрическим горлом и с отогнутыми краями, а также со специальным пришлифованным горлом. Такие колбы герметично закрываются специальными пробками стандартных размеров. Если колба изготовлена из термостойкого стекла, на ней имеется соответствующее обозначение: ТС, матовый прямоугольник или кружок.

4. *Круглодонные колбы* предназначены для проведения синтезов, могут использоваться при перегонке жидкостей. Они могут иметь одно, два, три, реже четыре горла стандартных размеров. Как правило, одно из них более широкое, остальные узкие.

5. *Химические воронки* различной емкости используются для переливания жидкостей, для фильтрования. Угол воронки чаще всего составляет  $60^\circ$ . Хвостовая часть воронки имеет косой срез, необходимый для того, чтобы переливаемая жидкость стекала по стенке сосуда и не разбрызгивалась.

6. *Эксикаторы* используются для сохранения химических веществ в сухой атмосфере. Эксикатор представляет собой толстостенный стеклянный сосуд с широкой притертой крышкой. На дно эксикатора помещают влагопоглощающее вещество, например прокаленный хлорид кальция. Сверху кладут фарфоровую решетку, на которую ставятся чашки или бюксы с веществами. Эксикатор герметично закрывается крышкой. Герметичность обеспечивается специальной смазкой, которая наносится на шлифованные поверхности. Крышку открывают, перемещая ее в горизонтальном направлении. Эксикатор переносят, придерживая крышку.

7. *Капельницы* предназначены для работы с индикаторами.

Мерная посуда применяется для измерения объемов жидкостей. Она калибрована, т.е. имеет метку, отмечающую

определенный объем жидкости. Калибрование точной мерной посуды производят при температуре 20°C, что указывается на посуде. Отклонение температуры на  $\pm 5^\circ\text{C}$  не вызывает значительного изменения объема. Поэтому с мерной посудой работают при температуре, отличающейся в указанных пределах от той, при которой производилась калибровка. В случае необходимости делают соответствующий пересчет.

Если мерная посуда, кроме метки, отмечающей общий объем, имеет еще метки, которые делят общий объем на части, то такая посуда называется градуированной. При работе с градуированной посудой необходимо установить цену деления.

Мерные (измерительные) цилиндры, мензурки позволяют грубо измерить объем жидкостей. Для точного измерения предназначены мерные колбы, бюретки, пипетки.

Для правильного измерения объема жидкости мерную посуду наполняют ею так, чтобы мениск касался метки, при этом глаз должен находиться на уровне метки. Уровень смачивающих стекло прозрачных жидкостей (воды, водных растворов, спирта) устанавливают по нижнему краю вогнутого мениска, а для непрозрачных и темноокрашенных – по верхнему краю.

1. *Мерные цилиндры и мензурки* используют при приготовлении растворов. Мензурки в отличие от мерных цилиндров имеют коническую форму. Емкость мерных цилиндров от 10 мл до 2 л, мензурок – от 50 до 500 мл. Измерение объемов жидкостей при помощи мензурок дает меньшую точность.

2. *Мерные колбы* предназначены для приготовления растворов точной концентрации. Это мерная посуда на наливание, они имеют одну метку на длинном узком горлышке. Мерные колбы бывают различной емкости – от 50 мл до 2 л. Они бывают с притертой пробкой и без нее.

3. *Пипетки и бюретки* – это мерная посуда, используемая при проведении химического анализа. Пипетки предназначены для отбора точных объемов анализируемых растворов. Бюретки используются для титрования.

Фарфоровая химическая посуда также довольно часто используется при выполнении химического эксперимента.



1. *Выпарная (выпарительная) чашка* – круглодонная тонкостенная емкость с носиком или без. Применяется для упаривания и выпаривания растворов.

2. *Ступка* – толстостенная фарфоровая посуда. Нижняя внешняя поверхность ступки плоская, а внутренняя – сферическая. Ступки используют для измельчения и растирания твердых веществ с помощью *пестика*.

3. *Тигли* применяются для прокаливания веществ. Они бывают различной емкости от 2 мл до 100 мл.

В лаборатории также применяются фарфоровые стаканы, кружки и т.д.

## 8. Химические вещества

Многие из веществ, используемых в органической химии, являются в той или иной мере воспламеняющимися или токсичными, или теми и другими одновременно. Поэтому при работе в лаборатории необходимо строго соблюдать основные правила техники безопасности независимо от того, какой выполняют эксперимент.

1. Категорически запрещается работать одному в лаборатории, так как в экстренном случае будет некому оказать пострадавшему первую помощь и ликвидировать последствия неудавшегося эксперимента. Работать следует только в отведенное время под контролем преподавателя или других сотрудников.

2. Необходимо соблюдать тишину, чистоту и порядок. Поспешность и неряшливость в работе часто приводят к несчастным случаям. Нельзя отвлекаться от работы и отвлекать своих товарищей. Запрещается держать на лабораторном столе посторонние предметы (сумки, учебники и т.д.).

3. Категорически запрещается принимать и хранить пищу, пить воду и курить.

4. Каждый должен знать, где находятся средства индивидуальной защиты, аптечка, средства для тушения пожара. Кроме очков, в лаборатории должны быть защитные маски, респираторы и противогазы. Во всех лабораториях в легко доступных местах находятся средства для пожаротушения (ящики с песком и совком, огнетушители, противопожарные одеяла); аптечки, которые снабжены всеми

медикаментами, необходимыми для оказания первой медицинской помощи (растворы борной кислоты, гидрокарбоната натрия, перманганата калия, танина, нашатырного спирта, а также вата, бинт, йодная настойка, активированный уголь, мазь от ожогов, склянка для промывания глаз).

5. В лаборатории необходимо находиться в застегнутом хлопчатобумажном халате. Это обеспечивает некоторую индивидуальную защиту и позволяет избежать загрязнения одежды.

6. Приступать к работе можно только после усвоения всей техники ее выполнения. Если вы испытываете какие-либо сомнения в методике проведения эксперимента или в технике безопасности, прежде чем продолжать работу, проконсультируйтесь с преподавателем.

7. Нельзя проводить опыты в загрязненной посуде. Посуду следует мыть сразу после окончания эксперимента.

8. Категорически запрещается пробовать химические вещества на вкус. Нюхать вещества следует осторожно, не поднося сосуд близко к лицу, а лишь направляя к себе пары или газы легким движением руки, при этом не следует делать полный вдох. Жидкие органические вещества и их растворы запрещается набирать в пипетки ртом, для этого необходимо использовать резиновые груши и другие приспособления.

9. В процессе работы необходимо следить, чтобы вещества не попадали на кожу, так как многие из них вызывают раздражение и ожоги кожи и слизистых оболочек.

10. Все банки, в которых хранятся вещества, должны быть снабжены этикетками с соответствующими названиями.

11. Запрещается нагревать, смешивать и взбалтывать реактивы вблизи лица. При нагревании нельзя держать пробирку или колбу отверстием к себе или в направлении работающего товарища.

12. Необходимо пользоваться защитными очками в следующих случаях:

а) при работе с едкими веществами (с концентрированными растворами кислот и щелочей, при дроблении твердой щелочи и т.д.);

б) при перегонке жидкостей при пониженном давлении и работе с вакуум - приборами;

в) при работе со щелочными металлами;

г) при определении температуры плавления веществ в приборе с концентрированной серной кислотой;

д) при работе с ампулами и изготовлении стеклянных капилляров.

13. Запрещено выливать в раковину остатки кислот и щелочей, огнеопасных и взрывоопасных, а также сильно пахнущих веществ. Для слива этих веществ в вытяжном шкафу должны находиться специальные сосуды с плотно притертыми крышками и соответствующими этикетками («СЛИВ КИСЛОТ», «СЛИВ ЩЕЛОЧЕЙ», «СЛИВ ОРГАНИКИ»).

14. Не разрешается бросать в раковину стекла от разбитой посуды, бумагу и вату.

15. После завершения работы необходимо отключить газ, воду, вытяжные шкафы и электроэнергию.

### **Правила техники безопасности при работе с кислотами и щелочами**

1. Хранить концентрированные кислоты и щелочи следует в вытяжном шкафу в прочной посуде на поддоне.

2. Все работы с кислотами и щелочами нужно проводить в защитных очках.

3. Концентрированную соляную и азотную кислоты можно переливать только в вытяжном шкафу. Разбавление кислот следует проводить в жаростойкой посуде, при этом кислоту необходимо приливать к воде небольшими порциями, при перемешивании (нельзя приливать воду к концентрированной кислоте, так как в этом случае выделяется большое количество теплоты, вода, как менее плотное вещество, вскипает на поверхности кислоты, и жидкость может быть выброшена из сосуда).

4. При растворении гидроксидов натрия и калия, кусочки щелочи можно брать только пинцетом или шпателем, но не руками; растворение этих веществ следует проводить небольшими порциями.

### **Правила техники безопасности при работе с бромом**

1. Бром необходимо хранить только в толстостенной посуде из темного стекла, с плотно притертыми пробками в ящике с песком под тягой, отдельно от концентрированных кислот и аммиака.

2. Все работы с бромом необходимо проводить в вытяжном шкафу в резиновых перчатках и защитных очках, так как он является сильно ядовитым веществом, действующим на слизистые оболочки, вызывающим при попадании на кожу тяжело заживающие ожоги. Категорически запрещается набирать бром в пипетку ртом; для этого следует использовать резиновую грушу.

3. Переносить склянки с бромом можно только в емкостях с песком.

### **Правила техники безопасности при работе с металлическими натрием и калием**

1. Нельзя допускать соприкосновения щелочных металлов с водой и галогеносодержащими соединениями.

2. Необходимо хранить металлические натрий и калий в толстостенной посуде из темного стекла под слоем обезвоженного керосина или трансформаторного масла в вытяжном шкафу.

3. Для работы металлический натрий нужно извлечь пинцетом из-под защитного слоя, остатки керосина промокнуть сухой фильтровальной бумагой, отрезать ножом необходимое количество металла и сразу же использовать его по назначению.

4. Большие обрезки натрия следует собрать под слоем керосина, а небольшие кусочки, посуду и бумагу с остатками металла залить этиловым спиртом.

5. Категорически запрещается выбрасывать остатки металлических натрия и калия в мусорное ведро и раковину и оставлять их в пустых пробирках и колбах.

6. Для нагревания реакционных смесей, содержащих щелочные металлы, можно пользоваться только воздушными и песчаными банями.

### **Техника безопасности при работе с легковоспламеняющимися жидкостями**

1. Работы с легковоспламеняющимися жидкостями (ЛВЖ) следует проводить подальше от огня. Запрещается нагревать летучие и легковоспламеняющиеся жидкости (ацетон, эфиры, спирты, петролейный эфир, бензин, бензол, сероуглерод) на открытом пламени. Для нагревания ЛВЖ можно пользоваться водяной баней или электрической плиткой с

закрытой спиралью, при этом колба должна быть снабжена водяным холодильником.

2. Нельзя нагревать горючие вещества в открытых сосудах. Это следует делать в колбах с обратным холодильником.

3. Перегонять ЛВЖ следует в приборе с водяным холодильником или на роторном испарителе. Нельзя перегонять жидкости досуха — это может привести к взрыву или пожару. Приборы, в которых содержится ЛВЖ, следует разбирать после удаления всех источников пламени (зажженные газовые горелки, спиртовки, электрические плитки с открытой спиралью и т.д.) и полного охлаждения колбы.

4. Категорически запрещается выливать ЛВЖ в канализацию, ведра и ящики для мусора, так как случайно брошенная спичка может вызвать пожар.

5. ЛВЖ должны храниться в металлических шкафах в количествах, не превышающих дневные потребности.

### **Техника безопасности при работе под вакуумом**

При работе под вакуумом (перегонка под вакуумом, вакуум-эксикаторы) необходимо пользоваться очками или защитной маской. При перегонке под вакуумом запрещено использовать плоскодонные колбы, так как они будут раздавлены. По окончании работы давление необходимо выравнивать лишь после полного охлаждения прибора.

### **Меры безопасности при утечке газа и тушении локального пожара и горячей одежды**

1. При обнаружении запаха газа необходимо отключить газовую магистраль, электроприборы и тщательно проветрить лабораторию. Категорически запрещается пользоваться спичками и включать электрический свет.

2. При возникновении пожара нужно быстро убрать все горючие вещества подальше от места возгорания, отключить газовую магистраль, все электроприборы и прекратить активный доступ воздуха в лабораторию.

3. Пламя следует тушить песком или противопожарным одеялом. Тушение пламени водой может привести к расширению очага пожара. В случае более обширной площади возгорания следует пользоваться огнетушителем.

4. Если на ком-либо загорится одежда, необходимо плотно накрыть загоревшуюся ткань противопожарным одеялом. При возгорании одежды нельзя бежать, так как это способствует распространению пламени.

### **Оказание первой медицинской помощи при ожогах и отравлениях химическими веществами**

1. При термических ожогах первой степени (краснота и припухлость) обожженное место надо обработать спиртовым раствором танина, 96%-ным этиловым спиртом или раствором перманганата калия. При ожогах второй и третьей степени (пузыри и язвы) допустимы только обеззараживающие примочки из раствора перманганата калия, после чего необходимо обратиться к врачу.

2. При ожогах кислотами необходимо промыть пораженное место большим количеством проточной воды, а затем 3%-ным раствором гидрокарбоната натрия, после чего — снова водой.

3. При ожогах щелочами нужно промыть очаг поражения проточной водой, а затем разбавленным раствором борной или уксусной кислоты.

4. При попадании щелочи или кислоты в глаза необходимо промыть их проточной водой (3÷5 мин), а затем раствором борной кислоты (в случае попадания щелочи) или гидрокарбоната натрия (в случае попадания кислоты), после чего обратиться к врачу.

5. При ожогах фенолом очаг поражения следует обработать 70%-ным этиловым спиртом, а затем глицерином до исчезновения белых пятен на коже. При отравлении парами фенола категорически запрещается пить молоко.

6. При ожогах бромом его нужно смыть 96%-ным спиртом или разбавленным раствором щелочи, после чего место поражения смазать мазью от ожогов и обратиться к врачу. При отравлении парами брома необходимо несколько раз глубоко вдохнуть пары этилового спирта, а затем выпить молока.

7. При попадании на кожу едких органических веществ, не растворимых в воде, их необходимо смыть большим количеством подходящего растворителя. После оказания первой помощи пострадавший должен быть направлен в медпункт.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Гуревич И.Л.* Технология переработки нефти и газа / И.Л. Гуревич. М: Химия, 1972. Ч.1, 240 с.
2. *Савченков А.А.* Первичная переработка нефти и газа: учебное пособие / А.А. Савченков. Тюмень: ТюмГНГУ, 2014. 128с.
3. *Ахметов С.А.* Технология глубокой переработки нефти и газа: учебное пособие / С.А. Ахметов, М.Х. Ишмияров, А.А. Кауфман. СПб: Недра, 2009. 832с.
4. *Ахметов С.А.* Технология глубокой переработки нефти и газа: учебное пособие / С.А. Ахметов. Уфа: Гилем, 2002. 672с.
5. *Рудин М.Г.* Карманный справочник нефтепереработчика / М.Г. Рудин. Л.: Химия, 1989. 464 с.
6. Справочник нефтепереработчика: справочное издание / под ред. Г.А. Ластовкина, Е.Д. Радченко, М.Г. Рудина. Л.: Химия, Ленинградское отделение, 1986. 648 с.
7. *Трушкова Л.В.* Нефтегазовый комплекс: методические указания для подготовки и повышения квалификации рабочих по профессии «Лаборант химического анализа» / Л.В. Трушкова. Тюмень: Издательский центр БИК ТюмГНГУ, 2013. 45с.
8. *Магарил Р.З.* Теоретические основы химических процессов переработки нефти: учебное пособие / Р.З. Магарил. М.: КДУ, 2008. 280с.
9. ГОСТ 11011 85. Нефть и нефтепродукты. Метод определения фракционного состава в аппарате АРН-2. введен 01.01.1986. М.: Стандартиформ, 2006. 10 с.
10. *Грушевский А.И.* Экологические свойства автомобильных эксплуатационных материалов: учебное пособие / А.И. Грушевский, А.С. Кашура, И.М. Блянкинштейн, Е.С. Воеводин, А.М. Асхабов. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2015. 202.
11. *Дрючин Д.А.* Автомобильные эксплуатационные материалы: учебное пособие / Д.А. Дрючин, Н.Н. Якунин. Оренбург: ОГУ, 2001. 146 с.
12. ГОСТ 1756 – 52. Нефтепродукты. Методы давления насыщенных паров. – введен 01.10. 1953. М.: Издательство стандартов, 1994. 12 с.
13. ГОСТ 6321-92. Топливо для двигателей. Метод испытания на медной пластине. – введен 01.01.1993. М.: Издательство стандартов, 1992. 10с.
14. ГОСТ 3900-85. Нефть и нефтепродукты. Методы определения плотности. – введен 01.01. 1987. М.: Издательство стандартов, 1987. 17с.
15. *Бойко Е.В.* Химия нефти и топлив: учебное пособие / Е.В. Бойко. Ульяновск: УлГТУ, 2007. 60с.
16. ГОСТ 2477 – 65. Нефть и нефтепродукты. Метод определения содержания воды. – введен 26.06.1965. М.: Издательство стандартов, 1965. 9 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Лабораторная работа № 1.....	4
Лабораторная работа № 2.....	16
Лабораторная работа № 3.....	34
Приложение А.....	37
Приложение Б.....	39
Приложение В.....	40
Приложение Г.....	42
Приложение Д.....	44
Библиографический список литературы.....	62