Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра технологии органических веществ и нефтехимии

# ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА НЕФТЕПРОДУКТОВ

Методические указания к выполнению лабораторных работ
по дисциплине **«Основы нефтепереработки и нефтехимии»**
для обучающихся направления подготовки
18.03.01 Химическая технология, направленность (профиль)
Химическая технология органических веществ

Составители Г. Г. Боркина
Т. С. Котельникова
В. А. Журавлев

Утверждены на заседании кафедры
Протокол № 2 от 01.12.2020
Рекомендованы к изданию
учебно-методической комиссией
направления подготовки 18.03.01
Протокол № 4 от 19.01.2021
Электронная версия
находится в библиотеке КузГТУ

Кемерово 2021

СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛЬ РАБОТ 2
2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ 2
2.1. Основные показатели качества бензинов 3
2.2. Основные показатели качества дизельных топлив 8
2.3. Основные требования к нефтяным маслам 11
3. МЕТОДИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ 13
3.1. Оценка первичных признаков качества нефтепродуктов 13
3.2. Оценка коррозионной активности нефтепродуктов 16
3.2.1. Метод испытания на медной пластине 17
3.2.2. Определение содержания водорастворимых кислот и щелочей 19
3.2.3. Определение кислотности нефтепродуктов 20
3.2.4. Определение кислотного числа смазок и нефтяных масел 22
3.3. Определение фракционного состава нефтепродуктов 23
3.4. Определение содержания непредельных углеводородов в нефтепродуктах методами иодных и бромных чисел 26
3.5. Определение содержания ароматических углеводородов в нефтепродуктах методом сульфирования 31
3.6. Определение содержания ароматических углеводородов в нефтепродуктах методом анилиновой точки 33
4. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА 39
5. ТРЕБОВАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ 39
6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ 40
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 41
Приложение 42

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТ

Целью выполнения лабораторных работ является приобретение навыков по определению основных показателей качества товарных нефтепродуктов и ознакомление студентов с требованиями, предъявляемыми к их качеству.

## 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Нефтеперерабатывающая промышленность вырабатывает исключительно большой ассортимент (более 500 наименований) газообразных, жидких и твердых нефтепродуктов. Непрерывное увеличение объемов их производства, изменения в технологии получения и возрастающие требования к качеству, особенно к экологическим свойствам, обусловливают важное значение проблемы разработки методов оценки и принципов контроля качества товарных нефтепродуктов. Требования к качеству товарных нефтепродуктов устанавливаются государственными стандартами (ГОСТ РФ), а для продукции малотоннажных производств или находящихся в эксплуатационной проверке – техническими условиями (ТУ). Выпуск предприятием нефтепродуктов, не соответствующих ГОСТ или ТУ, законодательно запрещается. Качество нефтепродуктов систематически контролируется, начиная с момента производства и заканчивая получением продукции потребителем.

В потреблении нефтепродуктов более 50 % в настоящее время составляют моторные топлива. Моторные топлива разделяют на автомобильные и авиационные бензины, ракетное и дизельное топливо. Мировое потребление моторных топлив составляет более 1,5 млрд тонн в год. На втором месте по объему производства находятся нефтяные масла. Они используются в качестве смазочных материалов, а также как гидравлические и смазочно-охлаждающие жидкости, электроизоляционные среды, поверхностно-активные вещества, компоненты пластичных смазок, лекарственных препаратов и др.

## 2.1. Основные показатели качества бензинов

Бензины – сложные смеси углеводородов с интервалами кипения от 38 до 205 °С, предназначены для применения в поршневых двигателях внутреннего сгорания с принудительным воспламенением (от искры). Представляют собой легковоспламеняющиеся бесцветные или слегка желтые (при отсутствии специальных добавок) жидкости с плотностью 700–780 кг/м$^3$. Имеют высокую летучесть и температуру вспышки в пределах 20–40 °С. При концентрациях паров в воздухе 70–120 г/м$^3$ образуются взрывчатые смеси. Температура застывания – ниже минус 60 °С. При сгорании бензинов образуется вода и углекислый газ.

Качество бензинов определяют следующие основные показатели: детонационная стойкость, испаряемость, химическая стабильность, коррозионная активность.

***Детонационная стойкость*** характеризует способность бензина сгорать в двигателе с искровым зажиганием без детонации (от греческого *detono* – греметь). Явление детонации – следствие аномального горения топливно-воздушной смеси в цилиндре двигателя, когда углеводороды, входящие в состав бензина, окисляются с образованием пероксидов, которые распадаются со взрывом.

Детонационная стойкость (ДС) определяется стойкостью различных групп углеводородов к образованию пероксидов. ДС различных групп углеводородов уменьшается в следующем ряду: ароматические углеводороды > изоалканы > нафтены и олефины > *н*-алканы. С увеличением длины боковых цепей в ароматических углеводородах детонационная стойкость уменьшается. С увеличением разветвленности цепи изоалканов и нафтенов их детонационная стойкость растет. Олефины по стойкости подобны нафтенам. Чем короче цепь и чем ближе к краю цепи двойная связь, тем выше их ДС. Наименьшей детонационной стойкостью обладают алканы нормального строения, причем с ростом длины цепи эта стойкость снижается.

Мерой детонационной стойкости бензинов является *октановое число* (ОЧ), которое измеряется в сотой шкале. За нуль этой шкалы принята ДС *н*-гептана, за 100 – ДС изооктана (2,2,4-три-

метилпентана). В соответствии с принятой шкалой октановым числом бензина называется содержание (% об.) 2,2,4-триметилпентана в смеси с *н*-гептаном, при котором детонационная стойкость этой смеси и данного бензина идентичны (при постоянной степени сжатия). Октановые числа групп углеводородов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Октановые числа различных групп углеводородов

| Углеводороды | | Октановое число |
|---|---|---|
| Ароматические | ($C_6$–$C_8$) | 106–100 |
| Изоалканы | ($C_7$–$C_8$) | 104–100 |
| Нафтены | ($C_5$–$C_6$) | 87–77 |
| Олефины | ($C_5$–$C_8$) | 80–70 |
| Нормальные алканы | ($C_5$–$C_7$) | 60–0 |

Существует несколько методов определения октановых чисел. Экспериментально ОЧ определяют моторным и исследовательским методами. По этим методам определение проводят на испытательном двигателе одного и того же базового типа, но в различных условиях. Условия испытания по моторному методу более жесткие, чем по исследовательскому. В связи с этим октановое число, получаемое исследовательским методом (ОЧИ), всегда выше, чем получаемое моторным методом (ОЧМ). Октановое число по исследовательскому методу (ОЧИ) отражает эксплуатационные характеристики при езде в городских условиях с частыми остановками и ускорениями, а октановое число по моторному методу (ОЧМ) – при езде по автомагистралям или в режиме постоянных высоких нагрузок.

Разность между октановыми числами, найденными исследовательским (ОЧИ) и моторным методами (ОЧМ), называется *чувствительностью бензина.* Чувствительность бензина представляет собой показатель чувствительности топлива к условиям движения. Чтобы топливо показывало одинаково хорошие характеристики при движении как в городских условиях, так и на автомагистрали, предпочтительны топлива с низкой чувствительностью.

Одним из способов повышения октанового числа бензинов является использование антидетонационных присадок, т. е. веществ, добавление которых в малых количествах существенно повышает детонационную стойкость бензина.

Самым дешевым и до недавнего времени наиболее распространенным способом повышения детонационной стойкости бензинов было добавление к ним алкилсвинцовых антидетонаторов, в частности тетраэтилсвинца $Pb(C_2H_5)_4$ и тетраметилсвинца $Pb(CH_3)_4$ в виде этиловой жидкости. В состав этиловой жидкости входят тетраэтилсвинец (ТЭС), дибромэтан, хлорнафталин, антиокислитель. Бензины, в которые добавлена этиловая жидкость, называются этилированными. Тетраэтилсвинец очень ядовит, является канцерогенным веществом. Его использование в бензинах приводит к отравлению окружающей среды соединениями свинца (в виде аэрозоля). Поэтому присадки на основе тетраэтилсвинца в Российской Федерации запрещены.

Детонационная стойкость авиабензинов характеризуется также *сортностью*. Сортность – это дополнительная к октановому числу характеристика. Она означает увеличение мощности авиационного двигателя в процентах при переходе с технического эталонного изооктана на данный бензин при той же степени сжатия и отсутствии детонации. Таким образом, сортность показывает, насколько может быть форсирована работа авиационного двигателя по сравнению с его работой на эталонном изооктане. Величина сортности колеблется от 90 до 130 %.

***Испаряемость.*** Для обеспечения полного сгорания топлива в двигателе, его необходимо перевести 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* и *фракционный состав*.

Под фракционным составом топлива понимается содержание в них определенных фракций, выраженное в объемной или массовой доле (%). Фракционный состав бензинов определяют перегонкой на специальном приборе, при этом отмечают темпе-

ратуру начала перегонки, температуру отгонки 10, 50, 90 % фракции и конца кипения.

Температура перегонки 10 % бензина характеризует его пусковые свойства, склонность к образованию паровых пробок в системе питания двигателя. Чем ниже температура перегонки 10 % бензина, тем лучше его пусковые свойства, но тем больше опасность образования паровых пробок. По температуре выкипания 10 % можно приблизительно определить минимальную температуру окружающего воздуха, при которой возможен пуск холодного карбюраторного двигателя: $t_{возд} = 0{,}5t_{10\,\%} - 50{,}5$.

Температура перегонки 50 % бензина характеризует его среднюю испаряемость, влияющую на приемистость, прогрев, устойчивость работы двигателя. Чем ниже температура этой точки, тем скорее прогревается и устойчивее работает двигатель, улучшается его приемистость. Приемистость – это свойство двигателя в прогретом состоянии быстро переходить с малой частоты вращения к большей при подаче новой порции жидкого бензина с холодным воздухом.

Температура перегонки 90 % бензина характеризует наличие в бензине тяжелых, трудно испаряющихся фракций. С повышением данной температуры увеличивается расход бензина, так как тяжелые фракции не успевают испариться и сгореть, больше бензина проникает в картер, смывая масло со стенок цилиндра и разжижая масло в картере, что ведет к износу деталей и повышенному расходу масла.

*Давление насыщенных паров* (ДНП) определяет пусковые характеристики двигателя и возможность образования паровых пробок в топливоподающей системе. Оно зависит от температуры и соотношения паровой и жидкой фаз. В лабораторных условиях давление насыщенных паров определяют при температуре 37,8 °С по методу Рейда. По ДНП судят о наличии легкоиспаряющихся фракций в бензине, способных образовывать паровые пробки (чем выше давление насыщенных паров бензина, тем больше в нем легкокипящих фракций и, следовательно, больше опасность образования паровых пробок при работе двигателя на таком бензине). Чем выше давление паров, тем лучше пусковые

свойства бензина и тем больше потери бензина от испарения при хранении.

Нормы на ДНП для автомобильных бензинов: в летний период – не более 45–80 кПа, в зимний период – не более 50–100 кПа; для авиабензинов – от 29,3 до 49 кПа.

***Химическая стабильность*** бензинов определяет способность противостоять химическим изменениям при хранении, транспортировании и длительной их эксплуатации. Для оценки химической стабильности нормируют содержание фактических смол. Смолистые вещества образуются в результате окислительных превращений углеводородов и полимеризации олефинов.

О химической стабильности бензинов можно судить по содержанию в них непредельных углеводородов, определяемых методами йодных и бромных чисел. Наихудшей химической стабильностью обладают бензины термодеструктивных процессов – висбрекинга, коксования, пиролиза, а наилучшей – бензины прямой перегонки, каталитического риформинга, гидрокрекинга, алкилирования, изомеризации. Чем тяжелее фракционный состав бензина, больше содержание непредельных и ароматических углеводородов, тем выше склонность к смолообразованию.

Для бензинов различных марок содержание фактических смол в соответствии с действующими нормами технической документации не должно превышать 5 мг/100 мл. Наиболее эффективным способом повышения химической стабильности бензинов является введение специальных антиокислительных присадок.

***Коррозионная активность*** бензинов обусловлена наличием в них серо- и кислородсодержащих соединений и водорастворимых кислот и щелочей. Она оценивается кислотностью, общим содержанием серы, содержанием меркаптановой серы, испытанием на медной пластине и содержанием водорастворимых кислот и щелочей. Из них наиболее чувствительной и характеризующей действительную коррозионную активность бензинов является проба на медную пластину. Содержание меркаптановой серы в товарных бензинах не должно превышать 0,01 %. В технических условиях на автобензины регламентируется только общее содержание серы. В процессе эксплуатации сера вместе с

нефтепродуктом сгорает и образует агрессивные кислоты – серную и сернистую, которые разрушают детали двигателя.

Кислотность измеряется в миллиграммах КОН, пошедших на нейтрализацию кислот (100 мл). Норма для автобензинов – не более 0,8–3 мг КОН/100 мл бензина.

Требования к качеству автомобильных бензинов приведены в приложении (табл. 1).

## 2.2. Основные показатели качества дизельных топлив

Дизельное топливо – жидкое топливо, предназначенное для использования в двигателях с воспламенением от сжатия. Основные потребители дизельного топлива – железнодорожный, водный транспорт, грузовой и легковой автотранспорт, военная техника, дизельные электрогенераторы, сельскохозяйственная техника. Дизельное топливо разделяют на легкое и тяжелое. Легкие (маловязкие) топлива, кипящие в пределах 150–360 °С, применяются для быстроходных дизельных двигателей и газотурбинных установок (ГТУ). Тяжелые (высоковязкие) топлива с температурой кипения в пределах 250–420 °С применяются для среднеоборотных и тихоходных двигателей (тракторных, судовых и др.).

К наиболее важным показателям качества дизельных топлив относятся воспламеняемость, вязкость, коррозионная активность, низкотемпературные свойства, температура вспышки, степень чистоты.

Мерой оценки ***воспламеняемости*** дизельного топлива служит *цетановое число* (ЦЧ). С увеличением цетанового числа уменьшаются затраты топлива и двигатель работает более плавно и мягко. Для его оценки введена 100%-ная шкала, в которой за нуль принята воспламеняемость α-метилнафталина, а за 100 % – воспламеняемость *н*-гексадекана (техническое название – цетан). Таким образом, ЦЧ дизельного топлива называется содержание в (% об.) цетана в смеси с α-метилнафталином, при котором воспламеняемость смеси (по совпадению вспышек) идентична испытуемому дизельному топливу.

Экспериментально цетановое число определяется на стандартном двигателе ИТ-9-3 методом совпадения вспышек при пе-

реводе с испытуемого топлива на эталонную смесь. Воспламеняемость тем лучше, чем богаче вещество водородом, т. е. чем больше отношение H : C, поэтому ряд углеводородов по убыванию цетановых чисел имеет вид: *н*-алканы > изоалканы > нафтены > ароматические углеводороды.

Значения ЦЧ для разных групп углеводородов приведены ниже:

Парафиновые.....60–102
Олефиновые.....50–90
Нафтеновые.....20–40
Ароматические.....0–30

Для тяжелых дизельных топлив значение ЦЧ не нормируется, потому что, как известно, чем тяжелее фракции нефти, тем ниже для них температура самовоспламенения. Для таких фракций проблема воспламенения не стоит.

Оптимальным значением ЦЧ является диапазон 40–51. Ниже 40 наблюдается жесткая работа двигателя, а при значении более 51 увеличивается расход топлива за счет уменьшения полноты его сгорания.

Повышения ЦЧ добиваются изменением группового углеводородного состава при компаундировании товарного дизельного топлива или введением присадок, повышающих воспламеняемость топлива, таких как пероксид тетралина и нитроэтан. Введение этих присадок в количестве 1–3 % повышает ЦЧ на 15–20 пунктов.

В зарубежных странах вместо цетанового числа используют цетановый индекс, который для определенного топлива вычисляется по значению плотности и температуры выкипания 50 % топлива. Цетановый индекс дизельного топлива применяется и для отечественного дизельного топлива, которое идет на экспорт.

***Вязкость*** определяет возможность нормальной, бесперебойной подачи топлива, образования топливо-воздушной смеси и работоспособность системы фильтрации. Более вязкое и плотное топливо хуже воспламеняется и сгорает, что приводит к большему его расходу и дымности выхлопных газов. Маловязкое топливо в процессе эксплуатации увеличивает износ деталей топливного насоса, что может привести к поломке системы питания. Для

уменьшения износа часто в дизельное топливо добавляют противоизносные присадки, что частично компенсирует этот недостаток маловязкого дизельного топлива. Нормы на кинематическую вязкость даются в зависимости от марки топлива от 1,5 до 6 сСт.

***Низкотемпературные свойства*** характеризуются температурами помутнения, застывания и предельной фильтруемости. Они определяют марку дизельного топлива (табл. 4.5, 4.6) и его способность проходить через фильтры и обеспечивать прокачку по трубопроводам в условиях низких температур. Температура помутнения – температура, при которой начинается кристаллизация содержащихся в топливе парафинов. Температура застывания – температура, при которой происходит полная потеря текучести топлива. Температура предельной фильтруемости – температура, при которой топливо еще способно проходить через фильтр.

Для улучшения низкотемпературных свойств дизельные топлива подвергают абсорбционной (цеолитной) или карбамидной депарафинизации или добавляют к ним депрессорные присадки, которые эффективно снижают их температуры застывания. В качестве депрессоров промышленное применение получили сополимеры этилена с винилацетатом.

***Коррозионная активность*** дизельных топлив зависит, как и у бензинов, от содержания коррозионно-агрессивных кислород- и серосодержащих соединений. Она оценивается содержанием общей серы (не выше 350 мг/кг – вид I, 50 мг/кг – вид II, 10 мг/кг – вид III), меркаптановой серы (менее 0,01 % масс.), водорастворимых кислот и щелочей (отсутствие), кислотностью, испытанием на медной пластине (выдерживает). С экологической стороны весьма важным показателем дизтоплива является содержание серы. Кислотность характеризует коррозионную активность топлива при хранении из-за наличия в топливе органических кислот. Измеряется количеством щелочи (КОН), пошедшей на нейтрализацию кислот. Для всех марок топлив норма установлена не более 5 мг КОН/100 мл, кроме экспортных, для которых норма – не более 3 мг КОН/100 мг.

***Температура вспышки*** определяет условия безопасности применения дизельного топлива. В двигателях, которые эксплуа-

тируются в закрытых помещениях, где создается большое скопление паров топлива, а также в пожароопасных местах, применяется топливо с повышенной температурой вспышки. Температура вспышки в закрытом тигле – наименьшая температура, при которой пары топлива способны вспыхивать при появлении открытого источника огня, не образуя при этом устойчивого горения.

***Степень чистоты дизтоплива*** определяет эффективность и надежность работы двигателя. Для определения характеристики чистоты топлива используют коэффициент фильтруемости. Фильтруемость дизтоплива зависит от содержания в нем воды, механических примесей, смол.

Согласно ГОСТ Р 52368–2005 по физико-химическим и эксплуатационным показателям дизельное топливо должно соответствовать требованиям, указанным в табл. 2 приложения.

## 2.3. Основные требования к нефтяным маслам

Нефтяные масла – жидкие смеси высококипящих углеводородов (температура кипения 300–600 °С), главным образом алкилнафтеновых и алкилароматических, получаемые переработкой нефти. По назначению масла разделяют на смазочные (моторные, трансмиссионные, турбинные, индустриальные, компрессорные, цилиндровые, осевые, прокатные, приборные) и специальные масла (гидравлические, электроизоляционные, вакуумные, технологические, защитные, медицинские).

Основными показателями качества всех смазочных масел являются вязкость, температура застывания, химическая стабильность, смазывающая способность, защитные и антикоррозионные свойства. Кроме того, к различным группам масел, например несмазочным, в зависимости от назначения предъявляются специфические требования.

***Вязкость*** является одной из важнейших характеристик смазочных масел, определяющих силу сопротивления масляной пленки разрыву. Чем прочнее масляная пленка на поверхности трения, тем лучше уплотнение колец в цилиндрах, в частности для моторных масел, меньше расход масла. Масла с кинематиче-

ской вязкостью 4–8 мм$^2$/с используют в зимнее время, с вязкостью 10–14 мм$^2$/с – в летний период.

В соответствии с нормативно-технической документацией изменение вязкости в зависимости от температуры (вязкостно-температурные свойства) моторных масел оцениваются индексом вязкости. Индекс вязкости – относительная величина, рассчитываемая по значениям кинематической вязкости при 40 и 100 °С. Вязкостно-температурные свойства масел оценивают также по кинематической вязкости при низкой температуре (0 и –18 °С). Современные масла должны иметь индекс вязкости не менее 90.

***Температура застывания*** – это предельная температура, при которой масло теряет подвижность. Она зависит от содержания твердых углеводородов, прежде всего парафинов и церезинов. Масла, имеющие температуру застывания –15 °С и выше, относятся к летним. Если же температура застывания –20 °С и ниже, то масла относятся к зимним. Для понижения температуры застывания в масла вводят депрессорные присадки.

***Химическая стабильность*** масел характеризуется их устойчивостью к окислению кислородом воздуха. Поскольку при длительной эксплуатации под воздействием кислорода воздуха образуются (особенно при высоких температурах и каталитическом влиянии металлов) и накапливаются в маслах различные продукты окисления и конденсации (смолы, асфальтены, оксикислоты, углистые отложения и др.), которые ухудшают эксплуатационные свойства масел. От стабильности масла зависит срок его работы в двигателях. Стойкость моторных масел к окислению повышаются введением антиокислительных присадок.

***Смазывающая способность*** является важнейшей их характеристикой в условиях работы машин и механизмов. Она представляет способность масла создавать на металлической поверхности прочный, но очень тонкий смазочный слой толщиной 0,1–1,1 мкм. Несмотря на малую толщину такого слоя, износ материалов уменьшается в тысячи раз по сравнению с сухим трением, снижаются затраты энергии на преодоление трения. Наилучшей смазывающей способностью обладают смолисто-асфальтеновые вещества, некоторые высокомолекулярные сероорганические и кислородсодержащие соединения, которые, с точки зрения дру-

гих эксплуатационных показателей, в маслах нежелательны и подлежат удалению. Для улучшения смазывающей способности в масла добавляют специальные поверхностно-активные присадки.

***Защитные и антикоррозионные свойства*** масел обусловливаются их способностью вытеснять с поверхности металла воду, удерживать ее в объеме смазочного материала и образовывать прочные адсорбционные пленки, препятствующие развитию коррозионных процессов. В лабораторных условиях антикоррозионные свойства моторных масел оценивают по потере массы свинцовых пластин (в расчете на 1 $м^2$ их поверхности) за время испытания при температуре 140 °С. Защитные свойства масел улучшают введением небольших количеств ингибиторов коррозии.

***Степень чистоты*** масла характеризуется содержанием механических примесей и воды. Механических примесей в маслах без присадок не должно быть, а в маслах с присадками их значение не должно превышать 0,015 % (масс.), причем механические примеси не должны оказывать абразивного действия на трущиеся поверхности. Вода в моторных маслах должна отсутствовать. Даже небольшое количество воды вызывает деструкцию присадок, происходит процесс шлакообразования. Применение моюще-диспергирующих присадок позволяет обеспечивать необходимую чистоту деталей двигателя и противостоять шлакообразованию на горячих поверхностях, а также препятствовать прилипанию углеродистых частиц, удерживать их в состоянии устойчивой суспензии.

# 3. МЕТОДИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

## 3.1. Оценка первичных признаков качества нефтепродуктов

В работе оценивают нефтепродукт по внешнему виду, качественно определяют содержание непредельных углеводородов и этиловой жидкости, а также определяют содержание смолистых веществ.

**Реактивы**

1. Образец нефтепродукта: бензин автомобильный, дизельное топливо, авиационный керосин.
2. Перманганат калия, 0,02%-й водный раствор.
3. Йод, 10%-й спиртовой раствор.
4. Спирт этиловый ректификат 5 мл.

**Оборудование и посуда**

1. Мерный цилиндр на 25 мл с пробкой.
2. Фильтровальная бумага.
3. Воронка.
4. Коническая колба.
5. Пробирки.
6. Водяная баня.
7. Пипетка на 1 мл.
8. Часовое стекло диаметром не менее 50–70 мм.
9. Асбестовая сетка.

## Ход работы

***Внешний вид***. Нефтепродукт наливают в стеклянный цилиндр и осматривают на просвет, обращая внимание на цвет, прозрачность и запах.

Цвет служит первичным признаком качества. Нефтепродукты, которые используют в качестве моторного топлива, должны быть бесцветны. Однако желтый или светло-коричневый цвет нефтепродукта может быть вызван наличием в нем смолистых веществ или загрязнения его маслом. Яркая окраска (в оранжевый, желтый, зеленый или синий цвета) указывает на наличие этиловой жидкости в топливе.

Если в образце зафиксирована мутность или взвешенные частицы, то его оставляют для отстаивания на 1 ч. После отстаивания образец фильтруют через бумажный фильтр, осматривают фильтр и оценивают содержание механических примесей.

При определении запаха следует нюхать осторожно, направляя к себе пары движением руки. Необходимо охарактеризовать запах (мягкий, резкий, характерный, сильный и т. д.).

Далее проводят опыт по испарению на бумаге. На белую фильтровальную бумагу наносят стеклянной палочкой одну кап-

лю испытуемого нефтепродукта, засекают время и через 15–20 мин осматривают остаток. Если нефтепродукт имеет значительное количество высококипящих углеводородов, то на бумаге остается незначительный след. Затем дают образцу полностью испариться и фиксируют время испарения вещества.

***Качественное определение непредельных углеводородов.*** Определение основано на окислении непредельных углеводородов разбавленным раствором перманганата калия (реакция Вагнера).

В пробирку наливают по 5 мл испытуемого нефтепродукта и 0,02%-ного раствора перманганата калия, смесь взбалтывают и засекают время. Если в течение 2-х минут малиновая окраска раствора не изменится, то в топливе непредельные углеводы отсутствуют. Если в результате реакции малиновая окраска водного раствора $KMnO_4$ переходит в бурую, с последующим выпадением бурого осадка $MnO_2$, значит, в нефтепродукте присутствуют непредельные углеводороды.

***Качественное определение этиловой жидкости.*** Для определения наличия этиловой жидкости в образце в пробирку наливают 5 мл испытуемого образца и добавляют 0,5 мл 10%-ного спиртового раствора йода. Смесь в пробирке осторожно подогревают в течение 2-х минут на водяной бане, а затем охлаждают водой.

Верхний органический слой сливают и добавляют в остаток 5 мл этилового спирта. Пробирку встряхивают и проверяют наличие желтых кристалликов (блесток) йодистого свинца, образовавшегося в результате реакции взаимодействия йода с тетраэтилсвинцом:

$$3\ I_2 + Pb(C_2H_5)_4 \longrightarrow PbI_2 + 4\ C_2H_5I. \qquad (1)$$

Наличие в пробе йодистого свинца указывает на присутствие в образце этиловой жидкости.

***Определение смолистых веществ по остатку после сжигания.*** По остатку после сжигания на часовом стекле можно судить о загрязненности нефтепродукта смолистыми веществами.

Сухое часовое стекло устанавливают на асбестовую сетку выпуклостью вниз, осторожно по центру наливают пипеткой

точно 1 мл испытуемого образца. После этого часовое стекло нельзя трогать и перемещать. Убирают емкость с нефтепродуктом, пипетку и другие посторонние предметы и, не касаясь часового стекла, поджигают нефтепродукт спичкой. После окончания горения стеклу дают остыть, остаток осматривают и зарисовывают. После сжигания пробы на стекле остаются следы смол в виде круга или колец. Чем больше в топливе смол, тем больше диаметр кольца. Нефтепродукт, содержащий жидкие тяжелые примеси или масло, оставляет на стекле несгоревшие капли, располагающиеся по окружности. Для количественной оценки содержания смол замеряют диаметр самого большого кольца в трех направлениях и вычисляют среднее значение. Затем по графику, приведенному на рис. 1, определяют содержание смол в образце.

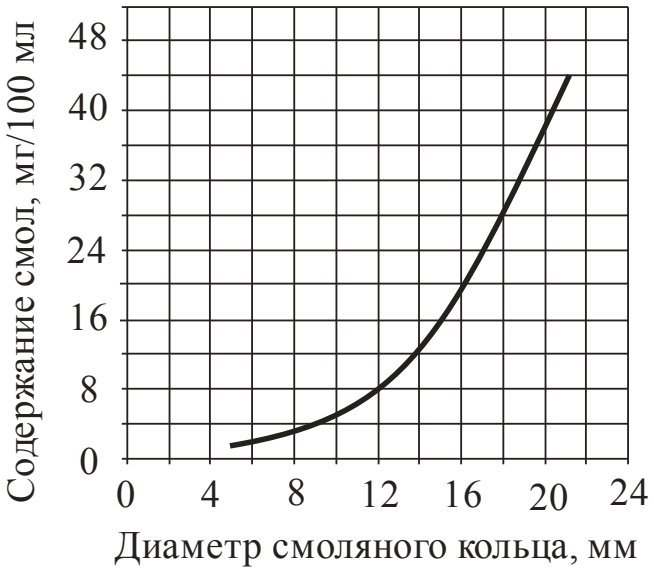


Рис. 1. График зависимости размера смоляного кольца от содержания смол в нефтепродукте

### 3.2. Оценка коррозионной активности нефтепродуктов

В работе производится проверка топлива на отсутствие в нем активной серы методом испытания на медной пластинке. Водорастворимые кислоты и щелочи в топливах должны отсутствовать, а содержание органических кислот ограничивается нормами ГОСТ и контролируется по показателю кислотности (для светлых нефтепродуктов) и по кислотному числу (для масел и смазок).

### 3.2.1. Метод испытания на медной пластинке

Сущность метода заключается в выдерживании медной пластинки в испытуемом нефтепродукте при повышенной температуре и фиксировании изменения ее внешнего вида, характеризующего коррозионное воздействие топлива.

**Реактивы**

1. Образец нефтепродукта: бензин автомобильный, дизельное топливо, авиационный керосин.
2. Спирт этиловый или эфир.

**Оборудование и посуда**

1. Колба коническая на100 мл (с притертым горлышком).
2. Обратный холодильник.
3. Водяная баня.
4. Пластинка размером 40×10×2 мм из электролитической меди.
5. Электроплитка.
6. Пинцет из нержавеющей стали или никелированный.
7. Шлифовальная бумага или ткань с зернистостью абразивного материала 6–8 (размер зерен 65 мкм).
8. Фильтровальная бумага.
9. Фарфоровая чашка.
10. Термометр.
11. Проволока.

**Ход работы**

Пластинка из электролитической меди обрабатывается шлифовальной бумагой. С пластинки удаляют металлическую пыль, тщательно протирают ватным тампоном. После шлифования пластинку промывают в фарфоровой чашке спиртом или эфиром, просушивают на фильтровальной бумаге и закрепляют на проволоке. Касание руками больших поверхностей медной пластинки не допускается.

В колбу 1 (рис. 2) наливают 40 мл нефтепродукта, устанавливают обратный холодильник 2. Медную пластинку подвешивают на проволоке, проходящей через внутреннюю трубку холо-

дильника так, чтобы она была погружена приблизительно наполовину в нефтепродукт. Уровень воды в водяной бане должен быть выше уровня топлива в колбе. Пластинку выдерживают в нефтепродукте в течение 3 ч при 50 °С. Затем отключают нагрев, медную пластинку извлекают и тщательно осматривают.

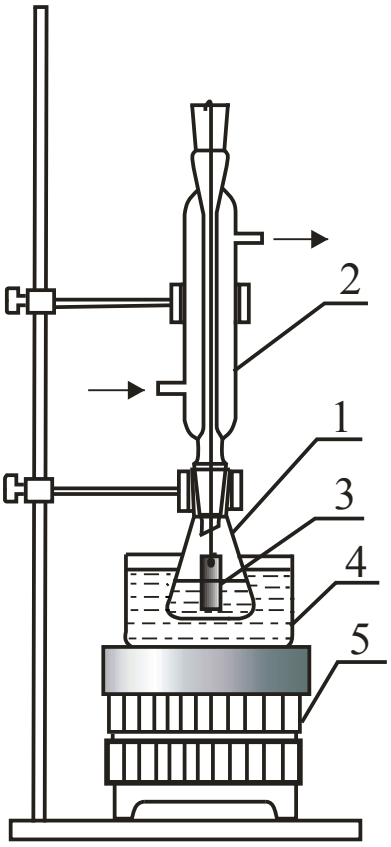


Рис. 2. Установка для испытания на медной пластинке:
1 – колба;
2 – обратный холодильник;
3 – медная пластинка;
4 – водяная баня;
5 – электроплитка

После испытания необходимо провести сравнение пластины с эталонным образцом. Если пластинка покрылась черным, бурым, темно-коричневым или серо-стальным налетами, пятнами, то топливо считается не выдержавшим испытания. При всех других изменениях или отсутствии изменений цвета пластины топливо считается выдержавшим испытание. Коррозионную активность образца выражают в зависимости от внешнего вида исследуемой пластинки по табл. 2.

Если внешний вид пластинки занимает явно промежуточное положение между двумя соседними эталонами, то образец относят к эталону с большей степенью помутнения. Испытание повторяют, если на пластинке обнаруживают поверхностные изъя-

ны, такие как отпечатки пальцев или пятна от попадания посторонних частиц или капель воды во время обработки пластинки.

Таблица 2

Классификация для определения степени коррозии медной пластинки

| Класс | Степень коррозии | Описание цвета медной пластинки |
|---|---|---|
| 1 | Незначительное потускнение | а) Светло-оранжевый, почти такого же цвета, как и свежеотшлифованная пластинка;<br>б) темно-оранжевый |
| 2 | Умеренное потускнение | а) Темно-красный;<br>б) бледно-лиловый;<br>в) многоцветный; лиловато-синий (и/или), темно-красный с серебряным налетом;<br>г) серебристый;<br>д) латунно-желтый или золотистый |
| 3 | Сильное потускнение | а) Пурпурно-красный, нанесенный на пластинку латунно-желтого цвета;<br>б) многоцветный с красным или зеленым оттенком (переливчатый), но не серый |
| 4 | Коррозия | а) Прозрачно-черный, темно-серый или коричневый с едва заметным переливчато-зеленым цветом;<br>б) цвет графита или тускло-черный;<br>в) блестяще-черный |

### 3.2.2. Определение содержания водорастворимых кислот и щелочей

Метод основан на извлечении водорастворимых кислот и щелочей из нефтепродуктов водой и определении реакции среды с помощью индикаторов.

**Реактивы**

1. Образец нефтепродукта: бензин автомобильный, дизельное топливо, авиационный керосин.
2. Фенолфталеин, 1%-й спиртовой раствор.
3. Метилоранж, 0,02%-й водный раствор.

4. Дистиллированная вода.

**Оборудование и посуда**

1. Воронка стеклянная.
2. Воронка делительная на 100 мл.
3. Пробирки.
4. Мерный цилиндр на 25 мл.
5. Колба коническая.

**Ход работы**

В колбу наливают 15 мл испытуемого нефтепродукта, добавляют такое же количество дистиллированной воды и взбалтывают смесь в течение 5 мин. Затем переносят смесь в делительную воронку, закрепленную на штативе. Нижний водный слой (водную вытяжку) после отстоя сливают в 2 пробирки по 5 мл в каждую. В одну пробирку добавляют 2 капли метилового оранжевого индикатора и сравнивают цвет полученного раствора с цветом раствора 5 мл дистиллированной воды и двумя каплями индикатора в эталонной пробирке. Окрашивание водной вытяжки в красный цвет по сравнению с цветом эталонной пробирки указывает на наличие в испытуемом нефтепродукте водорастворимых кислот.

Во вторую пробирку с водной вытяжкой добавляют 2 капли фенолфталеина. Окрашивание раствора в розовый или малиновый цвет указывает на слабощелочную или щелочную реакцию. При отсутствии окрашивания водной вытяжки нефтепродукт считается не содержащим свободную щелочь.

### 3.2.3. Определение кислотности светлых нефтепродуктов

Метод основан на титровании кислых соединений исследуемого нефтепродукта спиртовым раствором гидроксида калия в присутствии индикатора и определении кислотности, выраженной в миллиграммах (мг) KOH на 100 $см^3$ нефтепродукта.

**Реактивы**

1. Образец нефтепродукта: бензин автомобильный, дизельное топливо, авиационный керосин.
2. Изопропиловый спирт.

3. Гидроксид калия, спиртовой раствор 0,05 М.
4. Бромтимоловый синий (индикатор), 0,1%-й раствор в смеси вода-этанол (1:1).

**Оборудование и посуда**

1. Мерные цилиндры на 50 мл.
2. Воронка стеклянная.
3. Колбы конические на 250 мл.
4. Обратный холодильник.
5. Электроплитка.
6. Пипетка на 1 мл.

**Ход работы**

В коническую колбу на 250 мл наливают 50 мл изопропилового спирта и кипятят с обратным холодильником (для удаления углекислого газа) в течение 5 мин. Затем в спирт добавляют 0,5 мл индикатора бромтимолового синего и нейтрализуют в горячем состоянии при непрерывном перемешивании раствором KOH до первого изменения желтой окраски в синюю.

Колбу с нейтрализованным спиртом неплотно закрывают пробкой и оставляют на 3 мин. Затем приливают 50 мл исследуемого нефтепродукта и кипятят в течение 5 мин (точно) с обратным холодильником, периодически перемешивая. Если содержимое колбы после кипячения сохраняет синюю окраску, испытание прекращают и считают, что кислотность отсутствует.

Если окраска при кипячении изменилась с синей на желтую, то смесь немного охлаждают и титруют 0,05 М спиртовым раствором KOH при непрерывном перемешивании до изменения окраски спиртового слоя или смеси с желтой (или желтой с оттенками) в синюю (или синюю с оттенками). Окраска должна быть устойчивой без перемешивания в течение 30 с.

Кислотность ($K$) вычисляют по формуле

$$K = \frac{V \cdot T \cdot 100}{V_0}, \qquad (3.1)$$

где $V$ − объем 0,05 М спиртового раствора KOH, израсходованный на титрование образца, мл; $T$ − титр 0,05 М спиртового рас-

твора KOH, мг/мл (2,8 мг/мл); $V_0$ − объем исследуемого нефтепродукта, мл; 100 − фактор пересчета на 100 мл продукта.

### 3.2.4. Определение кислотного числа смазок и масел

В работе путем титрования кислых соединений, выделенных из масел и пластичных смазок, спиртовым раствором гидроксида калия в присутствии цветного индикатора определяют кислотное число, выраженное в миллиграммах (мг) KOH на 1 г нефтепродукта.

**Реактивы**

1. Образец нефтепродукта: смазочное масло, смазки.
2. Изопропиловый спирт.
3. Гидроксид калия, спиртовой раствор 0,05 М.
4. Бромтимоловый синий (индикатор), 0,1 %-й раствор в смеси вода-этанол (1:1).
5. Толуол.
6. Фенолфталеин, 1%-й спиртовой раствор.

**Оборудование и посуда**

1. Мерные цилиндры на 50 мл.
2. Воронка стеклянная.
3. Колбы конические на 250 мл.
4. Обратный холодильник.
5. Электроплитка.
6. Пипетка на 1 мл.

**Ход работы**

В коническую колбу вместимостью 250 мл помещают исследуемый нефтепродукт, взвешенный с погрешностью не более 0,01 г. Массу пробы для испытания масел определяют исходя из предполагаемого значения кислотного числа согласно таблице:

| Кислотное число, мг KOH/г | до 0,2 | 0,2–0,5 | 0,5–1,0 | свыше 1,0 |
|---|---|---|---|---|
| Масса пробы, г | 20±2 | 10±2 | 5,0±0,5 | 2,0±0,5 |

При испытании пластичных смазок масса образца нефтепродукта должна составлять 5–8 г.

Далее ведут определение как в п. 3.2.2. Кислотное число нефтепродукта в миллиграммах (мг) КОН на 1 г нефтепродукта в этом случае вычисляют по формуле

$$КЧ_1 = \frac{V \cdot T}{m}, \qquad (3.2)$$

где $V$ − объем 0,05 М спиртового раствора гидроксида калия, израсходованный на титрование, мл; $T$ − титр 0,05 М спиртового раствора гидроксида калия, мг/мл ; $m$ − масса пробы, г.

По другой методике определения кислотного числа в колбу с навеской добавляют 15 мл изопропилового спирта, 25 мл толуола и 2 капли фенолфталеина. В случае плохого растворения пробы содержимое колбы кипятят с обратным холодильником в течение 5 мин при перемешивании. Затем быстро титруют 0,05 М спиртовым раствором КОН. Одновременно проводят контрольное определение такого же количества изопропилового спирта и толуола в присутствии 2 капель фенолфталеина.

Кислотное число испытуемой пробы в миллиграммах (мг) КОН на 1 г нефтепродукта при использовании в качестве индикатора фенолфталеина вычисляют по формуле

$$КЧ_2 = \frac{(V - V_1) \cdot T}{m}, \qquad (3.3)$$

где $V$ − объем 0,05 М спиртового раствора гидроокиси калия, израсходованный на титрование, мл; $V_1$ − объем 0,05 М спиртового раствора гидроокиси калия, израсходованный на контрольный опыт, мл; $T$ − титр 0,05 М спиртового раствора гидроксида калия, мг/мл ; $m$ − масса пробы, г.

## 3.3. Определение фракционного состава нефтепродуктов

Метод заключается в перегонке 30 мл испытуемого нефтепродукта при условиях, предусмотренных стандартом.

**Реактивы**

1. Образец нефтепродукта: бензин автомобильный.

**Оборудование и посуда**

1. Колба Вюрца.
2. Металлический кожух для колбы Вюрца.

3. Металлический прямой холодильник.
4. Алонж.
5. Мерный цилиндр.
6. Термометр на 300 °С.
7. Кипелки.
8. Электроплитка с тепловой мощностью от 0 до 1000 Вт.

**Ход работы**

Перед началом испытания рассчитывают объемы нефтепродукта, которые должны отогнаться при 10–90%-ной отгонке 30 мл исходного нефтепродукта, результаты вносят в табл. 3. Затем собирают установку, представленную на рис. 3.

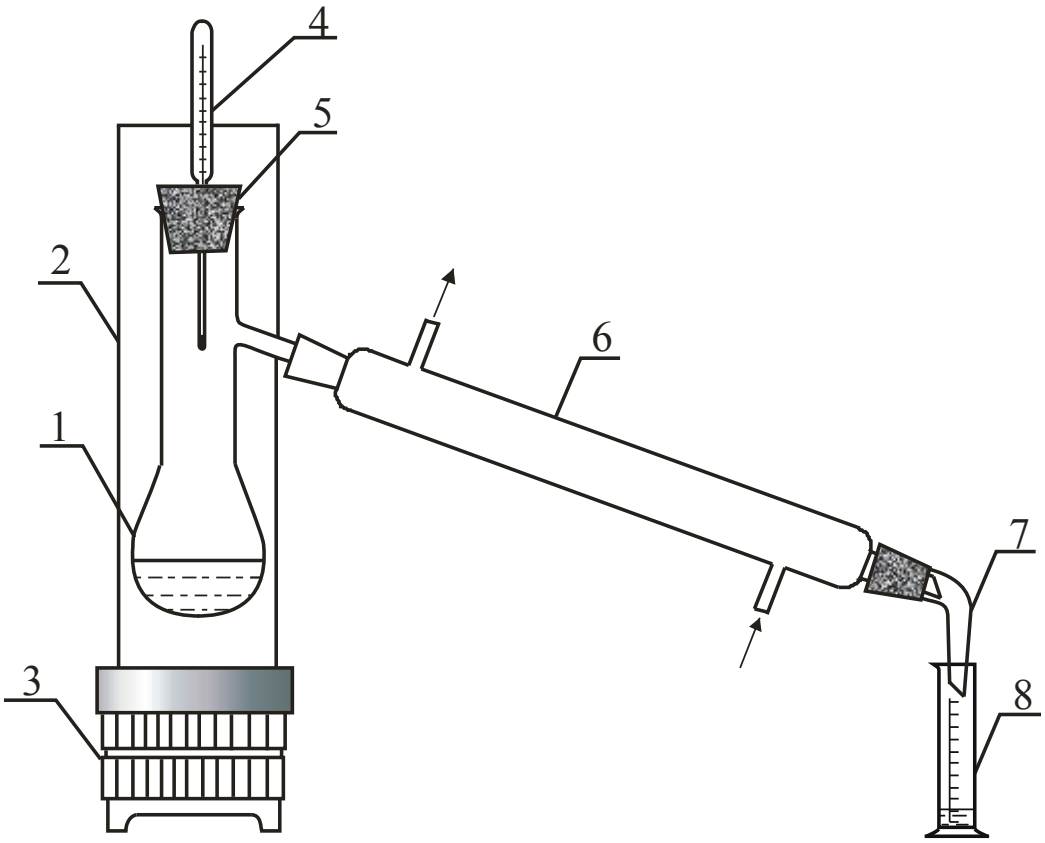


Рис. 3. Установка для определения фракционного состава нефтепродуктов:
1 – колба Вюрца; 2 – кожух; 3 – электроплитка; 4 – термометр; 5 – пробка; 6 – холодильник; 7 – алонж; 8 – мерный цилиндр

Перегонную колбу 1 помещают в металлический кожух 2. В качестве приемника используют мерный цилиндр 8. Сосуд с про-

бой охлаждают до температуры 15 °С. Затем отбирают 30 мл нефтепродукта мерным цилиндром и переносят, по возможности полностью, в колбу 1 так, чтобы ни одна капля жидкости не попала в отводную трубку. В колбу помещают кипелки.

Вставляют пробку с термометром в горловину колбы так, чтобы верхняя граница ртутного шарика находилась на уровне нижнего края отверстия отводной трубки. Электроплитку 3 подставляют и включают только после того, как вся установка полностью собрана, проверено плотное присоединение шлифов, наличие кипелок и приемника. Затем медленно нагревают колбу 1 так, чтобы период времени между началом нагрева и началом кипения составлял около 10 мин.

Таблица 3

Результаты определения фракционного состава нефтепродукта

| Показатель | | Экспериментальные данные |
|---|---|---|
| Плотность топлива при 15 °С, г/см$^3$ | | |
| Температура начала кипения, °С | | |
| Температура перегонки нефтепродукта | | |
| Доля отгонки, % | $V_{отгона}$, мл | Температура, °С |
| 10 % | | |
| 20 % | | |
| 30 % | | |
| 40 % | | |
| 50 % | | |
| 60 % | | |
| 70 % | | |
| 80 % | | |
| 90 % | | |
| Объем отгона нефтепродукта, % при температуре | | |
| 70 °С | | |
| 100 °С | | |
| 150 °С | | |
| Остаток в колбе, % (об.) | | |
| Потери, % (об.) | | |
| Остаток и потери, % (об.) | | |

Фиксируют температуру начала кипения; это температура, отмеченная в момент падения первой капли конденсата с конца холодильника во время перегонки. После того, как отмечена тем-

пература начала кипения, нагрев регулируют с таким расчетом, чтобы скорость перегонки от 10%-ного отгона до получения 90 % отгона в мерный цилиндр была постоянной (1 капля в 2–3 с).

Если перегонка не удовлетворяет заданным требованиям, то ее повторяют. В процессе проведения испытания фиксируют температуру при 10–90% перегонке, а также фиксируют объем отгона в приемнике при заданном показании термометра 70 °С, 100 °С и 150 °С.

После окончания перегонки дают колбе остыть и определяют объем остатка мерным цилиндром, рассчитывают потери. Полученные результаты заносят в табл. 2 и строят кривую разгонки нефтепродукта.

## 3.4. Определение содержания непредельных углеводородов в нефтепродуктах методами йодных и бромных чисел

Содержание непредельных углеводородов в нефтепродуктах устанавливают методом газожидкостной хроматографии (ГЖХ) и методами йодных и бромных чисел. Результаты, получаемые при помощи ГЖХ надежнее, однако простота методов йодных и бромных чисел привела к широкому внедрению их в практику нефтехимических лабораторий.

### 3.4.1. Определение бромного числа

Метод основан на взаимодействии брома с примесями, содержащимися в анализируемом продукте, с последующим определением его избытка титрованием. Метод позволяет определять бромные числа от 0,01 до 0,5 г брома на 100 г продукта. Массовую долю непредельных углеводородов определяют по бромному числу и средней молекулярной массе нефтепродукта.

**Реактивы**

1. Образец нефтепродукта.
2. Серная кислота, раствор 1:3 (кислота–вода).
3. Калий бромид-бромат, раствор 0,1 М.
4. Калий йодистый, 20%-й раствор.
5. Тиосульфат натрия, раствор 0,1 М.

6. Крахмал растворимый, 1%-й раствор.

**Оборудование и посуда**

1. Колбы конические на 100 мл.
2. Пипетки на 1, 2 и 5 мл.
3. Весы лабораторные.

**Ход работы**

Во взвешенную колбу на 100 мл помещают 5 мл анализируемого продукта и снова взвешивают, для того чтобы вычислить массу образца. Одновременно проводят контрольный опыт без нефтепродукта. В опытную и контрольную колбы вносят по 10 мл раствора серной кислоты и из бюретки добавляют 0,1 М раствор бромид-бромата калия, исходя из предполагаемого бромного числа по таблице:

| Бромное число, г/100 см$^3$ | 0,01–0,06 | 0,07–0,09 | 0,1–0,5 |
|---|---|---|---|
| Объем раствора бромид-бромата калия, см$^3$ | 1,0 | 2,0 | 4,0 |

В присутствии серной кислоты из бромид-бромата калия выделяется бром, который присоединяется по месту двойной связи непредельного соединения

$$5KBr + KBrO_3 + 3H_2SO_4 \longrightarrow 3Br_2 + 3K_2SO_4 + 3H_2O, \qquad (2)$$

$$R\text{-}CH{=}CH\text{-}R + Br_2 \longrightarrow R\text{-}CHBr\text{-}CHBr\text{-}R. \qquad (3)$$

Колбы закрывают пробкой, обертывают темной тканью для защиты от действия света. Затем содержимое тщательно взбалтывают вручную в течение 5 мин и оставляют в покое на 1 мин. При этом верхний, углеводородный слой в опытной колбе должен окраситься в желтый цвет. К содержимому колб приливают 2 мл раствора йодистого калия, и смесь энергично встряхивают, при этом желтая окраска углеводородного слоя переходит в красно-фиолетовую. Таким образом, избыток брома добавлением раствора йодистого калия переводят в эквивалентное количество йода

$$Br_2 + 2KI \longrightarrow I_2 + 2KBr. \qquad (4)$$

Выделившийся свободный йод оттитровывают раствором тиосульфата натрия до перехода окраски в желтый цвет. Затем добавляют 1 мл раствора крахмала и осторожно титруют до обес-

цвечивания раствора. Бромное число (БЧ) в граммах брома на 100 г продукта вычисляют по формуле

$$\text{БЧ} = \frac{(V - V_1) \cdot 0{,}008 \cdot 100}{m}, \qquad (3.4)$$

где $V$, $V_1$ – объемы 0,1 М раствора тиосульфата натрия, израсходованные на титрование контрольной и опытной проб соответственно, мл; 0,008 – масса брома, соответствующая 1 мл 0,1 М раствора бромид-бромата калия, г; $m$ – масса испытуемого нефтепродукта, г.

Массовую долю непредельных углеводородов ($X$) вычисляют по формуле

$$X = \frac{\text{БЧ} \cdot M}{160}, \qquad (3.5)$$

где БЧ – бромное число нефтепродукта, г брома на 100 г нефтепродукта; $M$ – средняя молярная масса непредельных углеводородов анализируемого нефтепродукта (табл. 3 приложения), г/моль; 160 – молекулярная масса брома, г/моль.

### 3.4.2. Определение йодного числа

Метод заключается в обработке испытуемого нефтепродукта спиртовым раствором йода, с последующим определением его избытка титрованием и определении йодного числа в граммах йода, присоединяющегося к 100 г нефтепродукта. Массовую долю непредельных углеводородов определяют по йодному числу и средней молярной массе испытуемого нефтепродукта.

**Реактивы**

1. Образец нефтепродукта.
2. Изопропиловый спирт.
3. Ацетон.
4. Йод, раствор в изопропиловом спирте 0,1 М.
5. Калий йодистый, 20%-й раствор.
6. Серная кислота, раствор 1:3 (кислота-вода).
7. Тиосульфат натрия, раствор 0,1 М.
8. Крахмал растворимый, 1%-й раствор.

9. Калий двухромовокислый (бихромат калия) кристаллический.

**Оборудование и посуда**

1. Колбы конические на 200 и 500 мл.
2. Пипетки на 2, 5 и 10 мл.
3. Мерный цилиндр на 25 мл.
4. Мерный стакан на 200 мл.
5. Весы лабораторные.

**Ход работы**

В конической колбе с притертой пробкой на 500 мл взвешивают необходимое количество нефтепродукта в зависимости от предполагаемого йодного числа, как указано в таблице:

| Йодное число, г йода на 100 г нефтепродукта | до 5,0 | 5,0–10,0 | свыше 10,0 |
|---|---|---|---|
| Масса нефтепродукта, г | 2,0–4,0 | 1,0–2,0 | 0,2–0,4 |

Вносят в колбу 15 мл изопропилового спирта. При анализе дизельных топлив и топлива Т-6 в колбу вносят 15 мл ацетона. Из бюретки добавляют 20 мл спиртового раствора йода, плотно закрывают колбу пробкой и осторожно встряхивают. Прибавляют 150 мл дистиллированной воды, быстро закрывают колбу пробкой, содержимое колбы встряхивают в течение 5 мин и оставляют в темноте еще на 5 мин. Добавляют 20 мл раствора йодистого калия и титруют 0,1 М раствором тиосульфата натрия. Когда жидкость в колбе приобретет светло-желтый цвет, прибавляют 1 мл раствора крахмала и продолжают титровать до исчезновения синевато-фиолетового окрашивания. Для вычисления йодного числа одновременно проводят контрольный опыт, но без нефтепродукта.

Йодное число (ИЧ) исследуемого нефтепродукта, в граммах йода на 100 г нефтепродукта, вычисляют по формуле

$$\text{ИЧ} = \frac{(V - V_1) \cdot F \cdot 0{,}01269}{m} \cdot 100, \qquad (3.6)$$

где $V$, $V_1$– объемы 0,1 М раствора тиосульфата натрия, израсходованные на титрование контрольной и опытной проб соответ-

ственно, мл; $F$ – фактор раствора тиосульфата натрия 0,1 М; 0,01269 – количество йода, эквивалентное 1 мл 0,1 М раствора тиосульфата натрия; $m$ – масса испытуемого нефтепродукта, г.

Для определения фактора раствора тиосульфата натрия ($F$) в конической колбе на 200 мл взвешивают от 0,08 до 0,10 г бихромата калия с точностью ±0,0002 г. Добавляют 80 мл дистиллированной воды и растворяют бихромат калия. Затем добавляют еще 10 мл 20%-ного раствора йодистого калия и 5 мл разбавленной серной кислоты (1:3). Закрывают колбу, хорошо встряхивают и ставят в темное место на 5 мин. Затем титруют 0,1 М раствором тиосульфата натрия в присутствии крахмала. Фактор раствора тиосульфата натрия вычисляют по формуле

$$F = \frac{m}{0{,}0049 \cdot V}, \qquad (3.7)$$

где $m$ − масса бихромата калия, г; 0,0049 – масса бихромата калия, эквивалентная 1 мл 0,1 М раствора тиосульфата натрия, г; $V$ – объем тиосульфата натрия, израсходованный на титрование, мл.

Массовую долю непредельных углеводородов ($X$) в нефтепродукте вычисляют по формуле

$$X = \frac{\text{ИЧ} \cdot M}{254}, \qquad (3.8)$$

где ИЧ – йодное число нефтепродукта, г йода на 100 г нефтепродукта; $M$ – средняя молярная масса непредельных углеводородов анализируемого нефтепродукта (табл. 3 приложения), г/моль; 254 – молярная масса йода, г/моль.

Йодное число (ИЧ) можно пересчитывают на бромное число (БЧ) по следующей зависимости:

$$\text{БЧ} = \frac{\text{ИЧ} \cdot 160}{254}, \qquad (3.9)$$

где ИЧ – йодное число нефтепродукта, г йода на 100 г нефтепродукта; 160 – молярная масса брома, г/моль; 254 – молярная масса йода, г/моль.

## 3.5. Определение содержания ароматических углеводородов в нефтепродуктах методом сульфирования

Метод заключается в обработке испытуемого нефтепродукта 98,5–99,0%-ной серной кислотой, реагирующей с непредельными и ароматическими углеводородами.

**Реактивы**

1. Образец нефтепродукта.
2. Серная кислота, 99,0%-ная (98,5–99,0%-ную кислоту готовят из концентрированной серной кислоты путем добавления к ней олеума).
3. Гидроксид натрия, водный раствор 0,5 М.
4. Фенолфталеин, 1%-й спиртовой раствор.

**Оборудование и посуда**

1. Колбы конические с притертой стеклянной пробкой на 100 и 250 мл.
2. Мерные цилиндры на 25 и 50 мл.
3. Воронка делительная.
4. Весы лабораторные.

**Ход работы**

***Все работы с серной кислотой необходимо вести в вытяжном шкафу***.

Во взвешенную коническую колбу на 100 мл мерным цилиндром вносят 15 мл испытуемого нефтепродукта. Затем взвешивают колбу с нефтепродуктом и вычисляют его массу до испытания. В колбу с испытуемым нефтепродуктом приливают 40 мл серной кислоты и содержимое осторожно взбалтывают в течение 30 мин при комнатной температуре (возможен сильный разогрев реакционной смеси). При взбалтывании необходимо периодически осторожно открывать пробку во избежание образования в колбе повышенного давления. Взбалтывание колбы со смесью можно проводить при охлаждении водой под краном.

Если реакционная смесь разогрелась, ее охлаждают до комнатной температуры и по возможности полностью переносят в делительную воронку. После некоторого времени, когда смесь

расслоилась, тщательно отделяют нижний сернокислотный слой от верхнего углеводородного. Оставшуюся в сточной трубке делительной воронки кислоту удаляют при помощи фильтровальной бумаги. Во взвешенную коническую колбу на 250 мл сливают нефтепродукт и взвешивают. Затем вычисляют массу испытуемого нефтепродукта после обработки серной кислотой. Внутреннюю поверхность делительной воронки промывают три раза дистиллированной водой (по 20 мл), собирая промывные воды в колбу с нефтепродуктом.

Содержимое колбы титруют 0,5 М раствором гидроксида натрия в присутствии фенолфталеина до появления слаборозового окрашивания.

Количество серной кислоты ($m_K$), оставшейся на стенках делительной воронки, вычисляют в граммах по формуле

$$m_K = \frac{V \cdot 0{,}0245 \cdot 100}{C_K}, \qquad (3.10)$$

где $V$ − объем раствора гидроксида натрия, израсходованный на титрование, мл; 0,0245 − количество серной кислоты, соответствующее 1 мл 0,5 М раствора гидроксида натрия, г; $C_K$ − концентрация серной кислоты, взятой для анализа, (% масс.).

Массовую долю ароматических углеводородов ($X$) вычисляют по формуле

$$X = \frac{\left[m_1 - \left(m_2 - m_K\right)\right] \cdot 100}{m_1} - \frac{ИЧ \cdot M}{254}, \qquad (3.11)$$

где $m_1$ − масса анализируемого нефтепродукта до обработки серной кислотой, г; $m_2$ − масса анализируемого нефтепродукта после обработки серной кислотой, г; $m_K$ − масса серной кислоты, оставшейся на стенках делительной воронки, г; ИЧ − йодное число анализируемого нефтепродукта, в граммах йода на 100 г нефтепродукта; $M$ − средняя молярная масса непредельных углеводородов анализируемого нефтепродукта (табл. 3 приложения), г/моль; 254 − молярная масса йода, г/моль.

## 3.6. Определение содержания ароматических углеводородов в нефтепродуктах методом анилиновой точки

Анилиновая точка – это температура взаимной растворимости равных объемов испытуемого нефтепродукта и анилина с образованием гомогенного раствора. Растворимость углеводородов в анилине различна: в нем хорошо растворяются ароматические углеводороды и плохо – парафиновые. Соответственно, чем больше в нефтепродукте парафиновых углеводородов, тем выше анилиновая точка, а чем больше ароматических, тем она ниже. Анилиновая точка нефтепродукта (бензин, керосин, дизельное топливо) косвенно характеризует его групповой состав.

Определение ароматических углеводородов методом анилиновых точек основано на определении температур взаимного растворения анилина и нефтепродукта до и после удаления из образца ароматических углеводородов.

### 3.6.1. Определение анилиновой точки методом равных объемов и расчет содержания ароматических соединений

**Реактивы**

1. Образец нефтепродукта или фракция.
2. Образец нефтепродукта очищенный от ароматических углеводородов.
3. Анилин.

**Оборудование и посуда**

1. Прибор для определения анилиновых точек.
2. Термометр с ценой деления 0,1 °С.
3. Электроплитка.
4. Пипетки на 2 мл.

**Ход работы**

***Все работы с анилином необходимо вести в вытяжном шкафу!***

Прибор для определения анилиновых точек (рис. 4) состоит из двух пробирок 1 и 2, вставленных друг в друга на корковой пробке и помещенных в водяную баню. Внутренняя пробирка 1,

закрывается корковой пробкой со вставленным в нее термометром 4 и проволочной мешалкой 5. Мешалка выполнена из мягкой стальной проволоки и имеет на нижнем конце концентрическое кольцо, верхний конец отогнут под прямым углом. Водяная баня 3 подогревается электроплиткой 7. Для водяной бани используется стакан емкостью 750 мл.

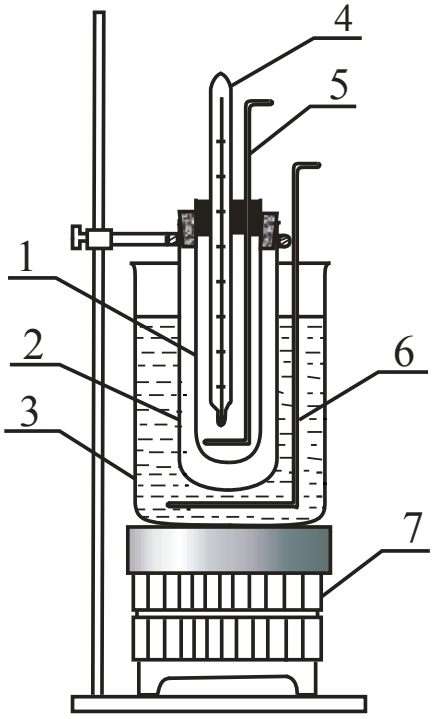


Рис. 4. Установка для определения анилиновой точки:
1 – внутренняя пробирка;
2 – внешняя пробирка;
3 – водяная баня;
4 – термометр;
5, 6 – мешалки;
7 – электроплитка

Во внутреннюю сухую пробирку 1 вносят пипеткой по 2 мл анилина и исследуемого образца, закрывают пробкой с термометром 4 и мешалкой 5, устанавливают в пробирку 2, которую помещают в водяную баню 3. Термометр устанавливают, так, чтобы середина ртутного шарика находилась на линии раздела двух фаз. При непрерывном перемешивании мешалкой 6 водяную баню медленно нагревают на электроплитке со скоростью около 1–3 °С/мин. Во время нагрева бани содержимое пробирки 1 быстро перемешивают до полного смешения исследуемого продукта с анилином, не допуская разбрызгивания и образования воздушных пузырьков.

Отметив температуру полного смешения жидкостей (прозрачный раствор), нагревание прекращают и дают воде медленно охладиться (со скоростью около 0,5–1,0 °С/мин). Когда начнется разделение двух фаз (помутнение), снова начинают перемешива-

ние мешалкой. Вначале муть при перемешивании исчезает, но затем наступает момент общего помутнения − в этот момент отмечают температуру с точностью до 0,1 °С. Эта температура − анилиновая точка исследуемого продукта. За анилиновую точку отмечают наивысшую температуру, при которой помутнение не исчезает при перемешивании. Температуры полного смешения и общего помутнения расходятся не более чем на 0,1 °С.

Пробу с анилином подогревают и охлаждают с указанной скоростью до получения двух последовательных результатов измерений, расхождение между которыми должно быть не более 0,2 °С. Также проводят определение анилиновой точки образца нефтепродукта после удаления ароматических углеводородов.

Массовую долю ароматических углеводородов в нефтепродукте ($X_{ар}$) в процентах вычисляют по формуле

$$X_{ар} = K \cdot (T_1 - T_2), \qquad (3.12)$$

где $T_1$ − анилиновая точка нефтепродукта после удаления ароматических углеводородов; $T_2$ − анилиновая точка исходного нефтепродукта; $K$ − анилиновый коэффициент, принимается из табл. 4 приложения.

### 3.6.2. Очистка нефтепродуктов от ароматических углеводородов

Очистку нефтепродуктов и нефтяных фракций от ароматических углеводородов, выкипающих в интервале температур 60–180 °С ведут методом адсорбции, а очистку нефтепродуктов, выкипающих в пределах 180–240 °С – метом сульфирования.

#### 3.6.2.1. Деароматизация нефтепродуктов на адсорбционной колонке

Адсорбционный анализ основан на способности адсорбентов избирательно извлекать из смесей соединения определенных типов. Для разделения углеводородов применяют различные адсорбенты, однако чаще всего используют силикагель. Метод основан на способности адсорбента более прочно удерживать ароматические углеводороды, чем парафиновые и нафтеновые.

**Реактивы**

1. Образец нефтепродукта или фракция, выкипающие в интервале температур 60–180 °С.
2. Изопропиловый спирт.
3. Силикагель марки АСКГ (размер гранул 0,2−0,5 мм).
4. Серная кислота, концентрированная.
5. Формалин, 10%-й водный раствор.

**Оборудование**

1. Стеклянная колонка высотой 40 см, диаметром 8−10 мм.
2. Делительная воронка.
3. Рефрактометр РПЛ-3.
4. Воронка стеклянная.
5. Градуированные пробирки с ценой деления 0,1 мл.

## Ход работы

В нижнюю часть адсорбционной колонки (рис. 5) помещают стеклянную вату и небольшими порциями насыпают 18–20 г силикагеля (высота слоя около 30 см). Уровень силикагеля должен быть не менее 3 см от верха колонки.

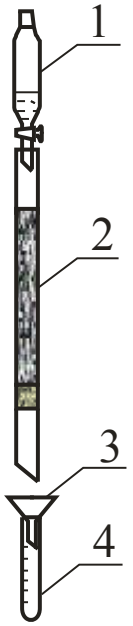


Рис. 5. Адсорбционная колонка
1 – делительная воронка;
2 – колонка с адсорбентом;
3 – стеклянная воронка;
4 –градуированная пробирка

Колонку укрепляют в штативе, сверху закрепляют делительную воронку 1 для подсадки пробы и десорбирующей жидкости, под нижний конец колонки 2 подводят градуированную пробирку 4. Заливают в колонку 10 мл исследуемой фракции и

после того, как она полностью впитается в адсорбент, добавляют в качестве десорбирующей жидкости 20 мл изопропилового спирта. Деароматизированный нефтепродукт собирают с низа колонки в градуированные пробирки. Первую порцию отбирают в количестве 3 мл, а все последующие – по 1 мл. Сначала из колонки будет выходить насыщенная (парафино-нафтеновая) часть исследуемой фракции, которая удерживается адсорбентом менее прочно.

Отсутствие в нефтепродукте ароматических углеводородов проверяют по показателю преломления. Увеличение показателя преломления в последовательно отобранной порции нефтепродукта на 0,0005 указывает на наличие ароматических углеводородов. Фракции, отличающиеся по показателю преломления не более чем на 0,0005, смешиваются и идут на определение анилиновой точки (п. 3.6.1).

Также в отобранных порциях нефтепродукта качественно определяют ароматические углеводороды по формалитовой реакции. В пробирку помещают 1 мл бесцветной концентрированной серной кислоты, добавляют 2−3 капли 10%-го раствора формалина и столько же очищенного нефтепродукта. При отсутствии ароматических углеводородов смесь остается бесцветной или слегка желтеет. Ярко-красное окрашивание указывает на наличие в отобранной фракции ароматических углеводородов.

Окрашивание пробы происходит за счет образования красно-коричневой смолы, которая является продуктом полимеризации ароматических углеводородов с формальдегидом. Предел обнаружения ароматических углеводородов составляет 0,1 % (масс.).

### 3.6.2.2. Очистка нефтепродуктов методом сульфирования

Сернокислотная очистка является универсальным методом очистки нефти и нефтепродуктов. Метод основывается на взаимодействии концентрированной серной кислоты с исследуемым нефтепродуктом с образованием сульфокислот и сульфонов, растворимых в серной кислоте.

**Реактивы**

1. Образец нефтепродукта или фракция, выкипающие в пределах 180–240 °С.
2. Серная кислота, 99,0%-ная (98,5–99,0%-ную кислоту готовят из серной кислоты путем добавления к ней олеума).
3. Гидроксид натрия, 10%-й водный раствор.
4. Хлорид кальция безводный.
5. Формалин, 10%-й водный раствор.
6. Универсальная индикаторная бумага.

**Оборудование и посуда**

1. Колбы конические с притертой стеклянной пробкой на 250 мл.
2. Мерные цилиндры на 25 и 50 мл.
3. Воронка делительная.
4. Весы лабораторные.

## Ход работы

***Все работы с серной кислотой необходимо вести в вытяжном шкафу***.

Если нефтепродукт содержит влагу, его предварительно высушивают, энергично встряхивая в течение 5 мин с безводным хлоридом кальция в количестве 10 % от объема пробы, а затем фильтруют.

Для удаления из нефтепродукта ароматических углеводородов 25 мл исследуемой фракции взбалтывают с 50 мл 99%-ной серной кислотой в конической колбе на 250 мл с притертой стеклянной пробкой в течение 20 мин. Для выпуска газов время от времени следует приоткрывать пробку. Если при смешении или взбалтывании смесь разогревается, ее можно охлаждать водой. Смесь переносят в делительную воронку и дают отстояться. Затем отделяют нижний сернокислотный слой, а углеводородный слой последовательно обрабатывают водой, 10%-ным раствором NaOH и затем снова водой до нейтральной реакции по универсальному индикатору. Отделенный от воды нефтепродукт переносят в колбу и сушат хлористым кальцием.

В очищенном нефтепродукте качественно определяют ароматические углеводороды по формалитовой реакции (п. 3.6.2.1).

## 4. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА

Отчеты по выполнению лабораторных работ оформляют в лабораторном журнале (тетрадь). Лабораторный журнал заполняется каждым студентом и содержит учетный лист по прилагаемой ниже форме.

Форма учетного листа

| № | Наименование лабораторной работы | Допуск к работе | Сдача отчета | Защита работы |
|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | |

Отчет оформляется по следующей форме:

**Наименование лабораторной работы**

1. Основной принцип метода.
2. Главные этапы работы (перечисляются основные этапы работы с указанием условий проведения процесса, таких как температура, продолжительность, приводятся схемы установок и т. д.).
3. Меры по технике безопасности при выполнении работы.

После получения допуска к лабораторной работе и соответствующей отметки в учетном листе студент приступает к ее выполнению. После выполнения экспериментальной части студент завершает оформление отчета по схеме:

4. Описание хода работы (подробное описание операций, наблюдения, объяснения).
5. Обработка результатов работы, выполнение расчетов.
6. Выводы по полученным результатам.

## 5. ТРЕБОВАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

При выполнении работ соблюдать общие правила работы в химической лаборатории кафедры ТОВН (инструкция ИОТ РО 06–004–2017).

## 6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте классификацию товарным нефтепродуктам.
2. Что представляют собой бензины?
3. Каковы основные показатели качества бензинов?
4. Что такое детонация? Чем определяется детонационная стойкость бензинов?
5. Как изменяется детонационная стойкость различных групп углеводородов?
6. Что такое октановое число? Как его измеряют?
7. Что такое чувствительность бензина?
8. Какими физико-химическими показателями определяется испаряемость бензина?
9. Как определяют фракционный состав бензинов?
10. Что характеризует температура отгонки 10, 50 и 90 % фракции?
11. Что характеризует давление насыщенных паров бензина?
12. Что понимают под химической стабильностью моторных топлив?
13. Чем обусловлена коррозионная активность моторных топлив?
14. Чем дизельное топливо отличается от бензина?
15. В чем отличие легкого и тяжелого дизтоплива?
16. Каковы основные показатели качества дизельных топлив?
17. Что такое цетановое число?
18. Как изменяется цетановое число различных групп углеводородов?
19. Чем характеризуются низкотемпературные свойства дизельных топлив?
20. Назовите способы улучшения низкотемпературных свойств дизтоплив?
21. Какие требования предъявляются к дизельным топливам по содержанию соединений серы?
22. Что характеризует температура вспышки дизельного топлива?
23. Что называют нефтяными маслами? Где они применяются?
24. Каковы основные показатели качества смазочных масел?

25. Что такое анилиновая точка нефтепродукта?
26. В чем суть определения ароматических углеводородов методом сульфирования?
27. В чем суть определения ароматических углеводородов методом анилиновых точек?
28. В чем суть метода определения непредельных углеводородов в нефтепродуктах?

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рябов, В. Д. Химия нефти и газа : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки дипломир. специалистов 130500 «Нефтегазовое дело». – Москва : Форум, 2012. – 336 с. – ISBN 978-5-8199-0567-8. – Текст : непосредственный.
2. Шарифуллин, А. В. Анализ качества нефти, нефтепродуктов и метрологическая оценка средств измерений / А. В. Шарифуллин, Н. А. Терентьева. – Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2010. – 141 с. – ISBN 978-5-7882-0964-7. – URL: https://e.lanbook.com/book/13262 (дата обращения: 15.11.2020). – Текст : электронный.
3. Дияров, И. Н. Химия нефти: руководство к практическим и лабораторным занятиям / И. Н. Дияров, Р. Ф. Хамидуллин, Н. Л. Солодова. – Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2013. – 464 с. – ISBN 978-5-7882-1430-6.– URL: https://e.lanbook.com/book/73485 (дата обращения: 15.11.2020). – Текст : электронный.
4. Капустин, В. М. Технология переработки нефти : в 4 ч. Ч. 1. Первичная переработка нефти : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Хим. технология природных энергоносителей и углеродных материалов» напр. подготовки дипломир. специалистов «Хим. технология органических веществ и топлива». – Москва : КолосС, 2012. – 456 с. – ISBN 978-5-9532-0825-3. –Текст : непосредственный.

# Приложение

**Таблица 1**

Требования к характеристикам
неэтилированных автомобильных бензинов

| Показатель | ГОСТ 2084–77 | | ГОСТ Р 51866–2002 | |
|---|---|---|---|---|
| | АИ-91 | АИ-95 | Регуляр Евро-92 | Премиум Евро-95 |
| Октановое число, не менее: | | | | |
| моторный метод | 82,5 | 85 | 83 | 85 |
| исследовательский метод | 91 | 95 | 92 | 95 |
| Плотность при 15 ºС, кг/м$^3$ не более | – | – | 720–775 | 720–775 |
| Фракционный состав, летнего/зимнего: | | | | |
| температура начала перегонки, ºС | 35/не норм. | 30/не норм. | – | – |
| температура перегонки 10 % бензина, ºС | 70/55 | 75/55 | – | – |
| температура перегонки 50 % бензина, ºС | 115/105 | 120/105 | – | – |
| температура перегонки 90 % бензина, ºС | 180/160 | 180/160 | – | – |
| температура конца перегонки, ºС | 195/185 | 205/195 | – | – |
| Содержание серы, не более | 0,1 % | 0,1 % | 150 мг/кг | |
| Кислотность, мгКОН/100 см$^3$, не более | 3,0 | 2,0 | – | – |
| Объемная доля углеводородов, %, не более | | | | |
| бензола | – | – | 1,0 | 1,0 |
| ароматических | – | – | 42 | 42 |
| олефиновых | – | – | 21 | 18 |
| Фактические смолы, мг/100 см$^3$, не более | 10 | 10 | 5 | 5 |
| Внешний вид | желтый | | чистый, прозрачный | |
| Объемная доля оксигенатов, %, не более | | | | |
| метанол | – | – | 3 | 3 |
| этанол | – | – | 5 | 5 |
| изопропанол | – | – | 10 | 10 |
| *трет*-бутанол | – | – | 7 | 7 |
| изобутанол | – | – | 10 | 10 |
| эфиры | – | – | 15 | 15 |

**Таблица 2**

Требования к качеству дизельного топлива для быстроходных двигателей

| Наименование показателя | ГОСТ 305–82 | | | ГОСТ Р 52368–2005 |
|---|---|---|---|---|
| | Л | З | А | |
| Цетановое число, не менее | 45 | 45 | 45 | 51,0 |
| Плотность при 20 °С, кг/м$^3$ | 860 | 840 | 830 | 820–845 при 15 °С |
| Кинематическая вязкость при 20 °С, мм$^2$/с | 3,0–6,0 | 1,8–5,0 | 1,5–4,0 | 2,0–4,5 при 40 °С |
| Температура, °С не ниже<br>застывания<br>предельной фильтруемости<br>вспышки | <br>–10<br>–<br>40 | <br>–35<br>–<br>35 | <br>–50<br>–<br>30 | <br>–<br>–<br>55 |
| Содержание серы, % (масс.), не более<br>вид I<br>вид II | <br>0,2<br>0,5 | <br>0,2<br>0,5 | <br>0,2<br>0,4 | <br>10 мг/кг<br>50 мг/кг |
| Содержание водорастворимых кислот, щелочей, воды | отсутствие | | | отсутствие |
| Содержание фактических смол, мг/100 мл, не более | 40 | 30 | 30 | – |
| Кислотность, мг КОН/100мл, не более | 5 | 5 | 5 | – |
| Содержание полициклических ароматических углеводородов, % (масс.), не более | – | – | – | 11,0 |
| Общее загрязнение, мг/кг, не более | – | – | – | 24 |
| Йодное число, г $I_2$/100 мл, не более | 6 | 6 | 6 | – |
| Испытание на медной пластине | выдерживает | | | класс 1 |
| Фракц. состав, температура °С<br>50 % (об.), не выше<br>95 % (об.), не выше | <br>280<br>360 | <br>280<br>340 | <br>255<br>330 | <br>–<br>360 |
| Фракц. состав, % (об.), не менее:<br>при температуре 250 °С<br>при температуре 350 °С | <br>–<br>– | <br>–<br>– | <br>–<br>– | <br>65<br>85 |
| Смазывающая способность, мкм, не более | – | – | – | 460 |

**Таблица 3**

Зависимость молярной массы непредельных углеводородов от температуры выкипания 50 % (об.) фракции

| Температура выкипания 50 % фракции, °С | Молярная масса непредельных углеводородов | Температура выкипания 50 % фракции, °С | Молярная масса непредельных углеводородов |
|---|---|---|---|
| 50 | 77 | 175 | 144 |
| 75 | 87 | 200 | 161 |
| 100 | 99 | 225 | 180 |
| 125 | 113 | 250 | 200 |
| 150 | 128 | 260 | 208 |

**Таблица 4**

Анилиновый коэффициент для расчета массовой доли ароматических углеводородов в нефтепродуктах

| $(T_1 - T_2)$, °С | Анилиновый коэффициент ($K$) | | |
|---|---|---|---|
| | Фракции 60–130 °С | Уайт-спирит | Фракции 180–240 °С |
| До 1,5 | 1,00 | – | – |
| 1,5–2,0 | 1,08 | – | 1,46 |
| 2–3 | 1,12 | – | 1,46 |
| 3–4 | 1,15 | – | 1,45 |
| 4–5 | 1,18 | – | 1,45 |
| 5–6 | – | 1,31 | 1,44 |
| 6–8 | – | 1,30 | 1,43 |
| 8–10 | – | 1,29 | 1,42 |
| 10–12 | – | 1,28 | 1,41 |
| 12–14 | – | 1,27 | 1,39 |

Составители

Галина Глебовна Боркина
Татьяна Сергеевна Котельникова
Владимир Александрович Журавлев

**ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА НЕФТЕПРОДУКТОВ**

Методические указания к выполнению лабораторных работ
по дисциплине «**Основы нефтепереработки и нефтехимии**»
для обучающихся направления подготовки
18.03.01 Химическая технология, направленность (профиль)
Химическая технология органических веществ

Печатается в авторской редакции

Подписано в печать 15.02.2021. Формат 60×84/16.
Бумага офсетная. Отпечатано на ризографе. Уч.-изд. л. 2,4.
Тираж 14 экз. Заказ
Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева.
650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28.
Издательский центр Кузбасского государственного технического
университета имени Т. Ф. Горбачева. 650000, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4А.