Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Щёкина Вера Витальевна
Должность: Ректор
Дата подписания: 05.03.2026 09:19:15
Уникальный программный ключ:
a2232a55157e576551a8999b1190892af53989420420336ffbf573a434e5778

	МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
	федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Благовещенский государственный педагогический университет»
	ОСНОВНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА **Рабочая программа дисциплины**

УТВЕРЖДАЮ
Декан естественно-географического факультета ФГБОУ ВО «БГПУ»

_____ И.А. Трофимцова
«26» марта 2025 г.

Рабочая программа дисциплины
АНАЛИЗ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Направление подготовки
04.03.01 ХИМИЯ

Профиль
«АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»

Уровень высшего образования
БАКАЛАВРИАТ

Принята на заседании кафедры химии
(протокол № 6 от «26» марта 2025 г.)

Благовещенск 2025

СОДЕРЖАНИЕ

1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА……3

2 УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ……Ошибка! Закладка не определена.

3 СОДЕРЖАНИЕ ТЕМ (РАЗДЕЛОВ)…….....6

4 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ (УКАЗАНИЯ) ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ6

5 ПРАКТИКУМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ……...……..….8

6 ДИДАКТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ 28**……..…….28**

7 ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ39

8 ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ИНВАЛИДАМИ И ЛИЦАМИ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИЗДОРОВЬЯ39

9 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ40

10 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА40

11 ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ И ДОПОЛНЕНИЙОшибка! Закладка не определена.3

1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

1.1 Цель дисциплины: сформировать у студентов основные понятия о свойствах нефтей, нефтепродуктов; навыки исследования химического состава нефтей и нефтепродуктов с помощью современных физико-химических методов.

1.2 Место дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина «Анализ нефтепродуктов» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений предметного модуля по профилю «Аналитическая химия» блока Б1.В.01 (Б1.В.01.12).

Для освоения дисциплины «Анализ нефтепродуктов» обучающиеся используют знания, умения, способы деятельности и установки, сформированные в ходе изучения дисциплин «Физика», «Математика», «Неорганическая химия», «Органическая химии», «Высокомолекулярные соединения».

1.3 Дисциплина направлена на формирование следующих компетенций: ПК-1, ПК-5:

- ПК-1. Владеет системой фундаментальных химических понятий и законов, **индикаторами** достижения которой является:

- **ПК-1.1.** Понимает основные принципы, законы, методологию изучаемых химических дисциплин, теоретические основы физических и физико-химических методов исследования.
- ПК-1.2. Использует фундаментальные химические понятия в своей профессиональной деятельности.
- ПК-1.3.Интерпретирует полученные результаты, используя базовые понятия химических дисциплин
- **- ПК-5.** Способен осуществлять контроль качества сырья, компонентов выпускаемой продукции химического назначения под руководством специалистов более высокой квалификации, **индикаторами** достижения которой является:
- ПК-5.1 Выбирает методы и средства контроля качества сырья, компонентов и выпускаемой продукции химического назначения на соответствие требуемой нормативной документации
- ПК-5.2. Выполняет стандартные операции на типовом оборудовании для характеристики сырья, промежуточной и конечной продукции химического производства.
- ПК-5.3. Составляет протоколы испытаний, отчеты о выполненной работе по заданной форме.
- ПК-5.4. Осуществляет контроль точности аналитического оборудования на соответствие требуемой нормативной документации.

1.4 Перечень планируемых результатов обучения. В результате изучения дисциплины студент должен

-знать:

- химический состав нефти, способы её качественного и количественного анализа;
- химизм основных процессов промышленной переработки нефтяного сырья;
- методы разделения и исследования нефтепродуктов;
- свойства и реакции основных классов соединений, входящих в состав нефти и газа;
- процессы переработки нефтяного сырья;
- состав и эксплуатационные свойства основных видов топлив и масел;

- уметь

- выбирать методы диагностики веществ и материалов, проводить стандартные измерения;
- применять знания о вредных и опасных свойствах веществ при работе с ними, проводить оценку возможных рисков;
- применять принципы и законы органической химии при анализе химических процессов переработки нефти;

- использовать приёмы и методы физико-химических измерений;

- владеть:

- основными источниками информации в области химии нефти.
- основными методиками определения и изучения различных химических систем, законами, лежащими в основе методов анализа.
- навыками проведения оценки возможных рисков при работе с химическими веществами.
- навыками планирования, анализа.

1.5 Общая трудоемкость дисциплины «Анализ нефтепродуктов» составляет 3 зачетных единиц (далее – ЗЕ) (108 часов).

Программа предусматривает изучение материала на лекциях и лабораторных занятиях. Предусмотрена самостоятельная работа студентов по темам и разделам. Проверка знаний осуществляется фронтально, индивидуально.

1.6 Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр 8
Общая трудоемкость	108	108
Аудиторные занятия	66	66
Лекции	32	32
Лабораторные работы	34	34
Самостоятельная работа	42	42
Вид итогового контроля:	Зачёт	Зачёт

2 УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

Учебно-тематический план

№	Название тем (разделов)	Всего часов	Аудиторные занятия		Самостоятельная работа
			Лекции	Лабораторные занятия	
1	**Тема 1. Мировые запасы нефти и природного газа. Классификация нефтей**	14	**8**		6
1.1	Мировые запасы нефти и газа, их распределение по регионам	4	2		2
1.2	Современные представления о происхождении нефти и газа.	3	2		1
1.3	Добыча нефти и газа	3	2		1
1.4	Физические свойства нефти	4	2		2
2	**Тема 2. Углеводородные и гетероатомные компоненты нефти**	10	**6**		4
2.1	Основные классы углеводородов нефти	6	4		2
2.2	Азотсодержащие, кислородсодержащие и минеральные компоненты нефти	4	2		2
3	**Тема 3. Переработка нефти**	30	**10**	10	10
3.1	Первичная перегонка нефти	6	4		2
	Лабораторная работа 1.Определение фракционного состава нефти и нефтепродуктов путем прямой перегонки	8		6	2

	Лабораторная работа 2.Определение фракционного состава нефти и нефтепродуктов методом ректификации	6		4	2
3.2	Термический и каталитический крекинг	6	4		2
3.3	Риформинг и гидрокрекинг.	4	2		2
4	**Тема 4. Товарные нефтепродукты**	54	**8**	24	22
4.1	Классификация нефтепродуктов	4	2		2
4.2	Топливо	4	2		2
4.3	Нефтяные масла	4	2		2
4.4	Углеродные и вяжущие материалы. Нефтепродукты специального назначения	4	2		2
4.5	Нефтехимическое сырье	2			2
	Лабораторная работа 3.Очистка нефтепродуктов от ароматических углеводородов адсорбцией на адсорбционной колонке	6		4	2
	Лабораторная работа 4.Определение плотности, кинематической вязкости и показателя преломления нефтепродуктов	6		4	2
	Лабораторная работа 5.Определение содержания воды в нефтях и нефтепродуктах	6		4	2
	Лабораторная работа 6.Определение анилиновой точки	6		4	2
	Лабораторная работа 7. Определение йодного числа	6		4	2
	Лабораторная работа 8. Определение кислотности светлых нефтепродуктов	6		4	2
	Итого	**108**	**32**	**34**	**42**

Интерактивное обучение по дисциплине

№	Наименование тем (разделов)	Вид занятия	Форма интерактивного занятия	Кол-во часов
1.	Современные представления о происхождении нефти и газа.	ЛК	Лекция - дискуссия	2
2.	Определение фракционного состава нефти и нефтепродуктов путем прямой перегонки	ЛБ	Работа в малых группах	4
3.	Определение плотности, кинематической вязкости и показателя преломления нефтепродуктов	ЛБ	Работа в малых группах	4
4.	Определение содержания воды в нефтях и нефтепродуктах	ЛБ	Работа в малых группах	4
5.	Определение йодного числа	ЛБ	Работа в малых группах	4
6.	Определение кислотности светлых нефтепродуктов	ЛБ	Работа в малых группах	4

	ИТОГО			**22**

3 СОДЕРЖАНИЕ ТЕМ (РАЗДЕЛОВ)

Тема 1. Мировые запасы нефти и природного газа. Классификация нефтей

Мировые запасы нефти и газа, их распределение по регионам. Роль нефти и газа в топливно-энергетическом балансе. Современные представления о происхождении нефти и газа. Добыча нефти и газа. Методы увеличения нефтеотдачи пластов. Классификация нефтей по химическому принципу. Физические свойства нефти.

Тема2. Углеводородные и гетероатомные компоненты нефти. Основные классы углеводородов и других соединений нефти (алканы, циклоалканы, арены, кислородсодержащие и азотсодержащие соединения). Содержание воды в нефти.

Тема 3. Переработка нефти. Транспортировка нефти. Нефтеперерабатывающие заводы (НПЗ). Разделение нефти на фракции. Первичная перегонка нефти. Индивидуальный состав фракций нефти. Методы очистки. Выделение индивидуальных соединений.

Термический и каталитический крекинг. Термический крекинг. Поведение углеводородов различных классов в условиях крекинга. Пиролиз на этилен и ацетилен. Коксованиие тяжелых нефтяных остатков. Каталитический крекинг, его основные продукты. Поведение углеводородов различных классов в условиях каталитического крекинга. Преимущества каталитического крекинга перед термическим.

Риформинг и гидрокрекинг. Каталитический риформинг, его значение в производстве ароматических углеводородов. Реакции риформинга. Бифункциональные катализаторы. Гидрокрекинг. Гидроочистка.

Тема 4.Товарные нефтепродукты. Классификация нефтепродуктов (по агрегатному состоянию, по степени опасности, в зависимости от области применения).

Топливо. Бензины, основные показатели их качества, детонационная стойкость. Автомобильные бензины, авиационные бензины, бензины – растворители. Дизельные топлива, назначение. Основные показатели качества дизельного топлива – воспламеняемость, фракционный состав, вязкость и температура вспышки, цетановое число. Реактивные топлива. Энергетическое топливо (газотурбинное, котельное, судовое).

Нефтяные масла. Смазочные материалы – масла и пластичные смазки. Функции смазочных материалов: снижение износа соприкасаемых деталей, снижение потери энергии на трение, предохранение соприкасаемых поверхностей от коррозии и др. Требования, предъявляемые к смазочным маслам. Виды смазочных масел. Несмазочные масла (трансформаторные, конденсаторные и пр.). Старение масел.

Углеродные и вяжущие материалы (нефтяной кокс, битум, гудрон, пек). Применение в промышленности.

Нефтехимическое сырье. Ароматические углеводороды (бензол, толуол, ксилол и пр.). Сырье для пиролиза (смесь газов – предельных углеводородов). Твердые углеводороды (парафины, церезины).

Нефтепродукты специального назначения (термогазойль, осветительный керосин, растворители (ацетон, уайт-спирит), топливные присадки).

4 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ (УКАЗАНИЯ) ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Прослушивание курса лекций создаёт основу для изучения дисциплины «Анализ нефтепродуктов» и охватывает все темы, выносимые на зачёт. Однако, прослушанные лекции, равно как и прочитанные учебники остаются пассивным знанием до тех пор, пока не произойдёт закрепление материала на лабораторных занятиях, при написании тестов, рефератов, подготовке к коллоквиуму и анализе ошибок. Каждый студент должен добывать какие-то знания самостоятельно: написать важнейшие реакции, механизмы и лучше не один

раз (самостоятельная работа с конспектом лекций, с учебником). Только то, что приобретается путём самостоятельной кропотливой работы, запоминается надолго и становится активным знанием. То, что легко достаётся – легко теряется или забывается.

Рабочей программой дисциплины «Анализ нефтепродуктов» предусмотрена самостоятельная работа студентов в объеме 42 часов. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- чтение студентами рекомендованной литературы и усвоение теоретического материала дисциплины;
- подготовку к лабораторным работам;
- работу с Интернет - источниками;
- подготовку к коллоквиумам и сдаче зачета.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение настоящей дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников. По каждой из тем для самостоятельного изучения следует сначала прочитать рекомендованную литературу и при необходимости составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме и для освоения последующих разделов курса.

Для расширения знаний по дисциплине рекомендуется использовать базы данных и информационно-справочные системы:

1. XuMuK.ru http://www.xumuk.ru
2. Электронная библиотека по химии http://www.chem.msu.su/rus/elibrary/
3. Портал научной электронной библиотеки http://elibrary.ru/defaultx.asp

Студент должен освоить:

– классификацию и состав нефтяного и газового сырья для химической переработки в товарные продукты;

–теоретические основы нефтехимических реакций;

– классификацию нефтепродуктов, правила обращения с ними, методы их анализа.

Чтобы в полной мере представить процесс становления современной нефтехимии в исторической ретроспективе, **рекомендуется обращать внимание на химиков - авторов открытия тех или иных органических реакций.**

Общий список учебной, учебно-методической и научной литературы представлен в отдельном разделе пособия.

Советы по подготовке к зачету:

- систематически готовиться к занятиям,
- искать причинно-следственные связи,
- подкреплять теоретические знания решением задач.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине

№	Наименование раздела (темы)	Формы/виды самостоятельной работы	Количество часов, в соответствии с учебно-тематическим планом
1.	Тема 1. Мировые запасы нефти и природного газа. Классификация нефтей	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы	6

2.	Тема 2. Углеводородные и гетероатомные компоненты нефти	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы	4
3.	Тема 3. Переработка нефти	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы Оформление лабораторной работы Подготовка отчета по лабораторной работе	10
4.	Тема 4. Товарные нефтепродукты	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы Оформление лабораторной работы Подготовка отчета по лабораторной работе	22
	ИТОГО		42

5 ПРАКТИКУМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Работа в практикуме по анализу нефтепродуктов требует от студента высокой собранности, аккуратности и точности в проведении экспериментальной работы, т. к. большинство нефтепродуктов являются горючими или даже легко воспламеняющимися жидкостями.

Перед началом работы студенты сдают допуск к работе, включающий теоретические основы того раздела практикума, которому посвящена лабораторная работа, а также экспериментальную часть работы. По результатам эксперимента студент оформляет отчет по работе, содержащий: название работы, цель работы, краткое теоретическое введение, экспериментальную часть, выводы и список использованной при выполнении задания литературы. Отчет по работе представляется на следующее после выполнения работы занятие.

Правила поведения в лаборатории

При выполнении работ по анализу нефтепродуктов необходимо строго соблюдать правила противопожарной безопасности, к которым относятся следующие:

- нагревать и перегонять легко воспламеняющиеся жидкости необходимо на водяной бане. Запрещается нагревать указанные вещества на открытом пламени. Склянки с указанными жидкостями не следует оставлять вблизи зажженного огня.

- В случае воспламенения жидкости необходимо использовать для тушения сухой песок, кошму (одеяло) или огнетушитель, имеющиеся в лаборатории.

- При загорании одежды следует плотно обернуть пострадавшего одеялом (кошмой) и тем самым прекратить доступ воздуха к горящему объекту.

Следует учитывать, что многие соединения, входящие в состав нефти, являются ядовитыми и вредными для здоровья, поэтому работу с ними следует проводить в вытяжном шкафу.

Запрещается:

- глубоко вдыхать пары нефтепродуктов при работе с ними и определении их запаха;

- пробовать реактивы на вкус, принимать пищу в лаборатории;

- выливать в раковину органические вещества, а также сильно пахнущие неорганические соединения.

Для слива указанных соединений в вытяжном шкафу есть специальные емкости.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Определение фракционного состава нефти и нефтепродуктов путем прямой перегонки

Первичными методами переработки нефти и нефтепродуктов являются перегонка (при атмосферном и пониженном давлениях) и ректификация. С помощью данных методов определяют фракционный состав нефти и нефтепродукта.

Перегонка (дистилляция) — это физический метод разделения, основанный на испарении жидкости и конденсации паров, обогащенных легколетучим компонентом. Термин «дистилляция» означает «разделение по каплям» или «стекание по каплям». История перегонки насчитывает около 3500 лет. В древности с помощью перегонки получали розовое и другие эфирные масла, дистиллированную (пресную) воду из морской, использовали перегонку для приготовления микстур и напитков. Современная нефтепереработка берет свое начало с перегонного куба, целевым назначением которого было получение осветительного керосина. Кубовая батарея и трубчатая установка для перегонки нефти были изобретены в России во второй половине XIX века. В этих разработках выдающаяся роль принадлежит инженеру В. С. Шухову.

Перегонку можно проводить периодически и непрерывно. При периодической перегонке содержимое перегонного аппарата частично или полностью отгоняется. В этом процессе происходит непрерывное изменение состава паровой и жидкой фаз, а также температуры отбора паров. При непрерывной перегонке продукт непрерывно вводят в перегонный аппарат. При этом обычно разделение паровой и жидкой фаз происходит однократно, поэтому такой процесс называется однократной перегонкой или однократным испарением. В этом процессе образующаяся паровая фаза остается в равновесии в смеси с жидкой до установления конечной (заданной) температуры. Фазы разделяются после установления этой температуры.

Прямой перегонкой можно разделить до определенной степени смесь компонентов, температуры кипения которых отличаются более, чем на 50^0С.

Ректификация — физический метод разделения, основанный на многократном противоточном контакте жидкой и паровой фаз. При этом паровая фаза обогащается низкокипящим компонентом, а жидкая — высококипящим. Ректификация, как перегонка, может осуществляться периодически и непрерывно. Ректификацией можно разделять смесь компонентов, различающихся по температуре кипения всего на 0.5^0С.

Прямая перегонка нефти

Обычно процесс простой перегонки проводят периодически; в принципе этот процесс можно организовать и непрерывным.

При периодической перегонке жидкость постепенно испаряется, и образующиеся при этом пары непрерывно удаляются из системы и конденсируются с получением дистиллята (иногда этот процесс называют простой дистилляцией). При этом содержание низкокипящей фракции (НК) в исходной жидкости уменьшается, что приводит к снижению содержания НК в дистилляте - в начале процесса содержание НК максимально, а в конце процесса - минимально.

Простую перегонку можно проводить при атмосферном давлении или под вакуумом (для снижения температуры перегонки). Для получения нужных фракций (или разного состава дистиллята) применяют фракционную, или дробную, перегонку.

Приборы, реактивы, материалы

Нефть, колба Вюрца, насадка Вюрца, прямой холодильник, алонж, приемники, термометр на 250^0С, кипелки, электронагревательный прибор.

Проведение работы

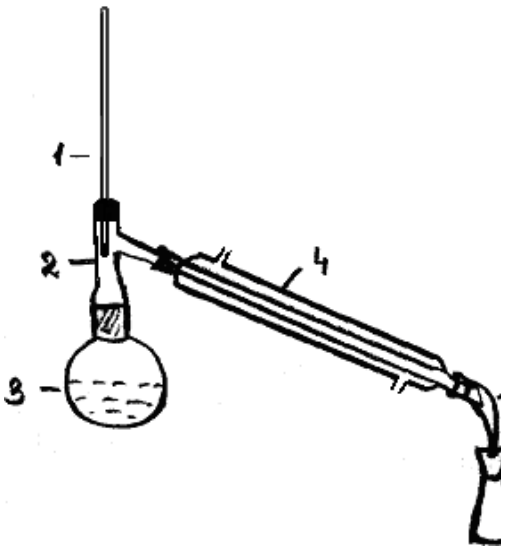


Рис. 1. Установка для перегонки
1 – термометр,
2 – насадка Вюрца,
3– круглодонная колба,
4 – холодильник Либиха,
5 – алонж,
6 – приемник.

Собирают установку для перегонки (рис. 1). Во взвешенную колбу помещают 30 мл отфильтрованного нефтепродукта и снова взвешивают для определения массы нефтепродукта. В колбу помещают **кипелки**. При простой перегонке термометр следует помещать так, чтобы верхняя граница ртутного шарика находилась на уровне нижнего края отверстия отводной трубки. После того, как установка для перегонки полностью собрана, подставляют нагревательный прибор. Отбор фракций производится двумя способами: отбираются фракции с четкими температурами кипения, если в течение перегонки не устанавливается четкая температура кипения, то отбор фракций проводится через 5^0С. Для каждой фракции определить выход и показатель преломления. По окончании перегонки, остывшую колбу взвешивают для определения массы кубового остатка (запись результатов производится как приведено во II разделе).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Определение фракционного состава нефти и нефтепродуктов методом ректификации

Фракционирование нефтепродуктов на ректификационной колонке под атмосферным давлением

Перегонка с дефлегматором представляет собой простейшую ректификационную колонку.

Приборы и реактивы

Нефть или смесь органических веществ (углеводородов), колба Вюрца, дефлегматор, обратный холодильник, головка полной конденсации, приемники, термометр на 250^0С, кипелки, электронагревательный прибор.

Перед перегонкой ректификационную колонку собирают так, как это изображено на рис.2.

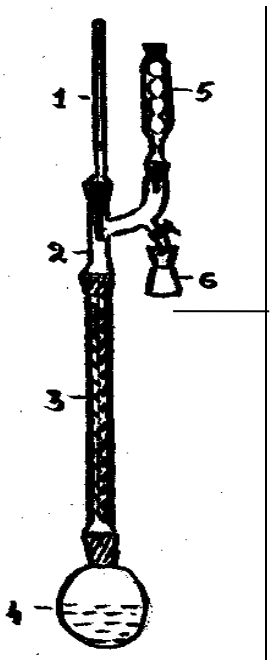


Рис. 2. Ректификационная колонна
1 – термометр,
2 – головка полной конденсации,
3 – дефлегматор,
4 – круглодонная колба,
5 – обратный холодильник,
6 – приемник.

В колбу *4* загружают взвешенные 30 *мл* хорошо высушенной исследуемой жидкости. Определение массы нефтепродукта проводят также, как и при прямой перегонке, см. п.I. **Перед началом перегонки в колбу необходимо поместить кипелки.** Колбу присоединяют к дефлегматору *3*, сообщенной с головкой полной конденсации *2*, к которой присоединен приемник *6*. Шлифы прибора должны быть промазаны смазкой, нерастворимой в перегоняемой жидкости. Приемниками служат пришлифованные колбы емкостью 15—25 мл. Термометр (с ценой деления 0.2— 0.5^0С) устанавливают так, чтобы его шарик находился на 1—2 смниже боковой трубки.

Кранголовки полной конденсации держат закрытым, чтобы колонка работала с полным орошением, без отбора дистиллята. Необходимо дать колонке «захлебнуться» — заполнить центральную трубку и часть головки. Таким образом, из насадки удаляется воздух и вся она смачивается флегмой и паром. При «захлебывании» желательно регулировать нагрев колбы так, чтобы до появления жидкости в головке прошло 15—20 мин. Через 5—10 мин после «захлебывания» уменьшают нагрев колбы. Поддерживая слабое кипение жидкости в колбе и не прекращая орошения, дают стечь избытку флегмы в колбу.

Затем устанавливают оптимальный режим перегонки. По достижении равновесия записывают температуру кипения жидкости, и слегка открывают кран для отбора дистиллята. При отборе дистиллята нужно не только поддерживать в колонке режим, близкий к только что установленному, но и следить за соотношением орошения, возвращаемого в колонку, и дистиллята, отбираемого в приемник, за один и тот же промежуток времени. Для хорошего разделения важно, чтобы это соотношение (флегмовое число) было высоким, но чтобы количество флегмы не достигало величины, при которой колонка начинает «захлебываться». Для большинства простейших колонок оптимальное флегмовое число должно лежать в интервале 20:1 - 45:1.

Перегонку ведут до заданной глубины отбора, после чего отставляют колбонагреватель, дают жидкости охладиться и стечь в колбу. Колбу отсоединяют от колонки и взвешивают. Суммируют массы отогнанных фракций и остатка и вычисляют потери при перегонке. Обычно их относят к массе первой фракции. В каждой из фракций в дальнейшем определяют показатель преломления и, если требуется, плотность.

При разделении углеводородов перегонкой следует выделять фракции в правильных температурных интервалах. Если фракционирование осуществляется для выделения заранее намеченных соединений с уже известными температурами кипения, то при первой перегонке фракции отбирают так, чтобы их низшие и высшие пределы отстояли одинаково от точек кипения соответствующих чистых веществ. Подвергая выделенные фракции повтор-

ному фракционированию, температурные пределы все более сужают, пока не будут достигнуты постоянные точки кипения. Если же целью фракционирования является выделение возможно большего числа индивидуумов, то при первых перегонках отбирают фракции в пределах 10 или 5^0С.

Отбор дистиллята

Отбор дистиллята можно проводить непрерывно, периодически и смешанным способом.

Непрерывный отбор дистиллята

При этом способе слегка открывают кран для отбора дистиллята у головки так, чтобы установить заранее заданное флегмовое число.

Отсчет температуры производят через равные объемы дистиллята. Величину флегмового числа уменьшают, увеличивая скорость отбора дистиллята, если в приемнике собирается индивидуальное вещество (или азеотропная смесь). Признаком этого является постоянство температуры паров в головке полной конденсации в течение некоторого времени. При переходе от фракции к фракции флегмовое число опять увеличивают, уменьшая скорость отбора дистиллята. Это процесс называется «отжимом» фракции.

Периодический отбор дистиллята

При этом способе периодически на 1—5 сек. полностью открывают кран для отбора дистиллята, спускают в приемник небольшое количество последнего (иногда 1—2 капли) и закрывают кран. Отбор дистиллята в дальнейшем производят таким же способом через равные промежутки времени, отбирая каждый раз одинаковое его количество. Температуру и объем дистиллята отсчитывают непосредственно перед очередным отбором.

Флегмовое число при этом определяют по отношению числа капель, падающих в колонку за известный промежуток времени, не меньший, чем требуется для того, чтобы 5 раз отобрать дистиллят, к числу капель, падающих в приемник за тот же промежуток. При периодическом отборе флегмовое число варьируют изменением отношения времени, в течение которого кран закрыт, ко времени, в течение которого кран открыт. Для уменьшения флегмового числа желательно чаще открывать кран на короткий промежуток времени, чем удлинять промежуток времени, в течение которого кран бывает открыт.

Отжим фракций при периодическом отборе дистиллята производят следующим образом. Открыв кран, отбирают небольшое количество дистиллята. Так как при этом удаляется часть легколетучего компонента, то равновесие в колонке нарушается и температура пара в головке начинает увеличиваться. Когда кран вновь закрывают, в колонке постепенно вновь устанавливается состояние равновесия, и пар в головке обогащается легколетучим компонентом; температура пара при этом понижается (до некоторого предела). Когда температура установится, вновь отбирают дистиллят.

Смешанный способ отбора дистиллята.

Перегонку отдельных фракций проводят по способу непрерывного отбора дистиллята, а при переходе от фракции к фракции прибегают к периодическому отбору дистиллята, «отжимая» фракцию.

Пример записи и расчета

Фракционирование смеси (углеводородов или нефти).

Масса колбы с продуктом, г.

Масса пустой колбы, г.

Навеска, г

Таблица. Результаты опытов фракционирования исследуемого нефтепродукта

N^0	$T_{кип.}{}^0$С	Масса, г			Выход,%	n^{20} фракции
		Приемника		Фракции		
		Пустого	с продуктом			
1 2 и т.д.						

Остаток						
Потери						

При фракционировании смеси двух углеводородов наблюдается ряд промежуточных фракций. Они содержат смесь обоих компонентов. Процентное содержание компонентов в промежуточной фракции может быть определено на основании показателей преломления смеси и чистых углеводородов по формуле:

$$n_{смеси} = n_1 x + n_2 (100 — x)$$

где **x** — содержание одного из компонентов, %.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

Очистка нефтепродуктов от ароматических углеводородов адсорбцией на адсорбционной колонке

При изучении химического состава углеводородов важное место отводится хроматографическим методам исследования. Бензиновые фракции разделяют на группы углеводородов при помощи жидкостно-адсорбционной хроматографии, чаще называемой просто адсорбционной. Для исследования индивидуального химического состава фракций (особенно низкокипящих) часто применяется газожидкостная хроматография.

Адсорбционный анализ основан на способности адсорбентов избирательно извлекать из смесей соединения определенных типов. Для разделения углеводородов применяют различные адсорбенты: окись алюминия, активированный уголь, силикагель и др. Чаще всего используют силикагель. Ароматические углеводороды более прочно удерживаются на поверхности адсорбента, чем парафиновые и нафтеновые. Пропуская смесь углеводородов сверху вниз по колонке с адсорбентом, обычно с добавлением растворителя, выделяют из колонки вначале парафиновые и нафтеновые углеводороды, а затем ароматические. Для выделенных фракций измеряют объем и исследуют (определяют наличие ароматических углеводородов, показатель преломления, анилиновую точку и т.п.).

При адсорбционном разделении бензиновых фракций применяют два типа растворителей: вытесняющие и смещающие. Вытесняющие растворители - спирты (изопропиловый, этиловый, метиловый) — адсорбируются сильнее компонентов бензина и выделяются из колонки вслед за ароматическими углеводородами. В этом случае нельзя достигнуть полного разделения бензина на две фракции парафино-нафтеновую и ароматическую, так как они движутся по колонке вплотную друг к другу. Поэтому приходится еще отбирать промежуточную фракцию, представляющую собой их смесь. Смещающие (разбавляющие) растворители — пентан, изопентан - близки по адсорбируемости к парафино- нафтеновой фракции. Такие растворители смешиваются в колонке с углеводородами, постепенно десорбируя их и заставляя двигаться вниз. Если вслед за смещающим растворителем (изопентан) ввести в колонку вытесняющий (метанол, этанол), то можно отделить парафино-нафтеновую фракцию без отбора промежуточной. Измеряя показатель преломленияфильтрата, можно обнаружить компоненты смеси в такой последовательности: парафины + нафтены —> парафины + нафтены + изопентан —>изопентан + ароматические углеводороды -> метанол + ароматические углеводороды —> метанол. Фракции парафино-нафтеновых и ароматических углеводородов выделяют из фильтрата отгонкой изопентана. Фракцию ароматических углеводородов отделяют от метанола промывкой водой, после чего обезвоживают $CaCl_2$ и металлическим натрием.

Для бензинов, содержащих до 15 объемных % ароматических углеводородов, удобно применять адсорбционное разделение с вытесняющим растворителем и отбором промежуточной фракции, при более высоком содержании в бензине ароматических углеводородов рекомендуется разделение при помощи смещающей жидкости + вытесняющий растворитель.

Приборы, реактивы, материалы

Исследуемый нефтепродукт или смесь, стеклянная колонка (рис. 3) высотой 200 мм, диаметром 8—10 мм с воронкой для подсадки пробы, рефрактометр типа ИРФ, изопропиловый спирт или пентан (изопентан), адсорбент – Al_2O_3, мерные цилиндры (градуированные пробирки) с ценой деления 0.1 мл.

Проведение анализа. Колонку заполняют сухим адсорбентом, укрепляют в штативе, наверху закрепляют делительную воронку *1* для подсадки пробы и элюента, под нижний конец колонки *2* подводят градуированную пробирку *3*.

Рис. 3. Адсорбционная колонка
1 – делительная воронка,
2 – колонка с адсорбентом,
3 – градуированная пробирка.

Исследуемую фракцию в количестве 5 мл заливают в колонку и после того, как она полностью впитается в адсорбент, добавляют в качестве десорбирующей жидкости 15-20 мл изопропилового спирта. Сначала из колонки будет выходить насыщенная (алкано-циклоалкановая) часть исследуемой фракции, которая адсорбируется Al_2O_3 менее прочно. Первую порцию отбирают в количестве 1 мл, а все последующие — по 0.5 мл. Для каждой отобранной фракции определяют показатель преломления. Фракции, отличающиеся по показателю преломления не более чем на 0.0005 смешиваются.

Появление аренов замечают по формалитовой реакции: в пробирку помещают 1 мл 98 %-й бесцветной серной кислоты, добавляют 2—3 капли 10 %-го раствора формалина и столько же продукта. При отсутствии аренов смесь остается бесцветной или слегка желтеет. Ярко-красное окрашивание указывает на появление в отобранной фракции аренов.

Вопросы для коллоквиума:

1. Адсорбционный анализ. Адсорбенты.
2. Вытесняющие и смещающие растворители.
3. Формалитовая проба.
4. Результаты исследований.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

Определение плотности, кинематической вязкости и показателя преломления нефтепродуктов

I. Подготовка к анализу. Удаление механических примесей

Механические примеси содержатся в сырой нефти в виде песка, глинистых минералов и различных солей, которые находятся во взвешенном состоянии. При исследованиях нефтей большое содержание механических примесей может в значительной степени повлиять на правильность определения таких показателей, как плотность, молекулярная масса, коксуемость, содержание серы, азота, смолисто-асфальтеновых веществ и микроэлементов. В процессе переработки нефти в нефтепродукты могут попасть продукты коррозии аппаратов и трубопроводов, мельчайшие частицы отбеливающей глины, минеральные соли. Загрязнение нефти и нефтепродуктов может происходить также при хранении и транспортировке.

Механические примеси в топливе могут привести к засорению топливопроводов, фильтров, увеличению износа топливной аппаратуры, нарушению питания двигателя. Эти же примеси в маслах и смазках могут вызвать закупорку маслопроводов, поломку смазочной аппаратуры, образование задиров на трущихся поверхностях.

Из механических примесей наиболее опасными являются песок и другие твердые частицы, истирающие металлические поверхности.

Методы определения общего содержания механических примесей основаны на способности всех органических компонентов нефти растворяться в органических растворителях. Нерастворившийся остаток, задерживаемый фильтром при фильтровании раствора нефти или нефтепродукта, и характеризует содержание в них механических примесей.

Перед началом проведения аналитических работ следует очистить нефть и нефтепродукты от механических примесей обычными методами фильтрования.

II. Плотность

Плотностью называется масса единицы объема вещества (нефти, нефтепродукта). Единицей плотности в системе СИ является кг/м^3.

В исследовательской практике определяется относительная плотность. Относительной плотностью называется отношение плотности нефти или нефтепродукта при 20°С к плотности дистиллированной воды (эталонного вещества) при 4°С, т. е. отношение массы нефти или нефтепродукта при 20°С к массе такого же объема дистиллированной воды при 4°С. Относительную плотность обозначают ρ. Умножив значение относительной плотности на 1000, можно получить плотность в кг/м^3. Плотность нефти и нефтепродукта зависит от температуры.

Значение плотности для характеристики нефтей и нефтепродуктов

Плотность принадлежит к числу наиболее распространенных показателей, применяемых при исследовании нефтей и нефтепродуктов. Особое значение этот показатель имеет при расчете массы нефтепродуктов, занимающих данный объем, и, наоборот, объема нефтепродуктов, имеющих определенную массу. Это очень важно как для конструктивно-расчетных исследований, так и для практической работы на местах производства, транспортировки и потребления нефтепродуктов.

Если принять во внимание, что основная масса нефтепродуктов падает на долю углеводородов, а последние в подавляющей части состоят из трех основных классов — парафинов, нафтенов и ароматических углеводородов, заметно различающихся по величине плотности для соединений с одинаковым числом атомов в молекуле, то можно сделать вывод, что величина плотности будет до известной степени характеризовать не только состав и происхождение продукта, но также и его качество.

В самом деле, при прочих равных показателях качества нефтепродуктов можно считать, что более высокая плотность указывает на большее содержание ароматических компонентов, а более низкая — на большее содержание парафиновых углеводородов и с этим положением приходится считаться не только в процессе производства, но и в процессе потребления нефтепродуктов.

Экспериментально плотность нефти (нефтепродукта) определяют одним из трех стандартных методов: ареометром (нефтеденсиметром), гидростатическими весами Вестфаля- Мора и пикнометром. Из них наиболее быстрым является ареометрический метод, а наиболее точным — пикнометрический. Преимуществом пикнометрического метода является использование сравнительно малых количеств анализируемой пробы.

Определение плотности пикнометром

Приборы, реактивы, материалы

Пикнометр, хромовая смесь, вода дистиллированная, этиловый спирт, пипетка, бумага фильтровальная.

Стандартной температурой, при которой определяется плотность нефти и нефтепродукта, является 20^{0}С. Для определения плотности применяют стеклянные пикнометры с меткой и капиллярной трубкой различной емкости (рис. 4). Каждый конкретный пикнометр

характеризуется так называемым «водным числом», т. е. массой воды в объеме данного пикнометра при 20^0С.

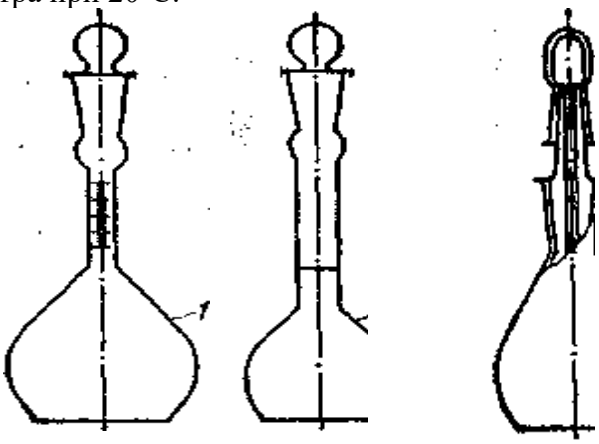


Рис. 4. Пикнометры
1 – пикнометр Бирона,
2 – пикнометр с меткой,
3 – пикнометр с капилляром.

Перед определением водного числа пикнометр промывают последовательно хромовой смесью, дистиллированной водой, этиловым спиртом и сушат. Чистый и сухой пикнометр взвешивают с точностью до 0.0002 г. С помощью пипетки наполняют пикнометр дистиллированной свежекипяченой и охлажденной до комнатной температуры водой (пикнометры с меткой заполняют по верхнему краю мениска). Пикнометр с установленным уровнем воды при 20±0,1°С тщательно вытирают снаружи и взвешивают с точностью до 0.0002 г.

Водное число **m** пикнометра вычисляют по формуле:

$$\mathbf{m = m_2 - m_1}$$

где $\mathbf{m_1}$, $\mathbf{m_2}$ — масса пикнометра с водой и пустого, соответственно, г.

Плотность нефти (нефтепродукта) с вязкостью при 50^0С не более 75 мм^2/с определяют следующим образом. Сухой и чистый пикнометр наполняют с помощью пипетки анализируемой нефтью (нефтепродуктом) при 18-20^0С (уровень нефтепродуктов в пикнометре устанавливают по верхнему краю мениска), стараясь не замазать стенки пикнометра. Пикнометр с установленным уровнем тщательно вытирают и взвешивают с точностью до 0.0002 г.

«Видимую» плотность **ρ'** анализируемой нефти (нефтепродукта) вычисляют по формуле:

$$\boldsymbol{\rho' = (m_3 - m_1)/ m_2}$$

где $\mathbf{m_3}$ — масса пикнометра с нефтью (нефтепродуктом), г; $\mathbf{m_1}$ —масса пустого пикнометра, г; $\mathbf{m_2}$ — водное число пикнометра, г.

«Видимую» плотность пересчитывают в плотность $\boldsymbol{\rho_4^{20}}$по формуле:

$$\boldsymbol{\rho_4^{20} = (0.99823 - 0.0012)\,\rho' + 0.0012 = 0.99703\,\rho' + 0.0012}$$

Вычисленные по этой формуле поправки к «видимой» плотности приведены в табл. 1. Для получения плотности ρ_4^{20} анализируемой нефти (нефтепродукта) поправку вычитают из значения «видимой» плотности. Расхождение между параллельными определениями плотности не должно превышать 0.0004.

Следует иметь в виду, что результаты определения плотности искажаются при наличии в исходной пробе нефти (нефтепродукта) воды и механических примесей.

Таблица 1. Поправки к «видимой» плотности

«Видимая» плотность ρ '	Поправка	«Видимая» плотность ρ '	Поправка
0.6900—0.6999	0.0009	0.8500—0.8599	0.0013
0.7000—0.7099	0.0009	0.8600—0.8699	0.0014
0.7100—0.7199	0.0009	0.8700—0.8799	0.0014
0.7200—0.7299	0.0010	0.8800— 0.8899	0.0014

0.7300—0.7399	0.0010	0.8900—0.8999	0.0015
0.7400—0.7499	0.0010	0.9000—0.9099	0.0015
0.7500—0.7599	0.0010	0.9100—0.9199	0.0015
0.7600—0.7699	0.0011	0.9200— 0.9299	0.0015
0.7700—0.7799	0.0011	0.9300—0.9399	0.0016
0.7800—0.7899	0.0011	0.9400—0.9499	0.0016
0.7900—0.7999	0.0012	0.9500—0.9599	0.0016
0.8000—0.8099	0.0012	0.9600—0.9699	0.0017
0.8100—0.8199	0.0012	0.9700—0.9799	0.0017
0.8200—0.8299	0.0013	0.9800—0.9899	0.0017
0.8300—0.8399	0.0013	0.9900—1.0000	0.0018
0.8400—0.8499	0.0013		

где 0.99823 - значение плотности воды при 20°С; 0.0012 — значение плотности воздуха при 20 °С и давлении 0.1 МПа (760 мм рт. ст.).

III. Показатель преломления

Показатель преломления (коэффициент рефракции) также является одной из основных характеристик нефтепродуктов. Он характеризует способность нефтепродукта преломлять падающий на него световой луч. При этом, отношение синуса угла падения луча к синусу угла преломления луча для каждого нефтепродукта постоянно и называется показателем преломления. Определение показателя преломления основано на явлении предельного угла, при котором наступает полное внутреннее отражение. Показатель преломления определяют с помощью прибора, который называется рефрактометр.

Показатель преломления зависит от температуры и длины световой волны. Чем больше длина волны светового луча, тем меньше показатель преломления.

Показатель преломления нефтепродукта обычно определяют для желтой линии натрия при 20 ° и соответственно обозначают $n^{20}_{D.}$

По показателю преломления можно оценить чистоту индивидуального углеводорода, углеводородный состав нефтяной фракции. Из углеводородов наименьшее значение показателя преломления имеют н-алканы. С утяжелением фракционного состава нефтяной фракции повышается ее показатель преломления.

По изменению показателя преломления можно судить о фазовых превращениях твердых углеводородов. При этом анизотропная жидкая фаза характеризуется одним значением показателя преломления, а анизотропная твердая фаза — двумя значениями показателя преломления. Область появления твердой фазы в некотором интервале температур характеризуется двумя показателями преломления: жидкой и твердой фаз.

Для определения показателя преломления применяют два типа рефрактометров: Аббе и Пульфриха. К первому типу относятся отечественные рефрактометры РЛУ, ИРФ-22, ИРФ-454. Рефрактометром типа Пульфриха является прибор ИРФ-23. В лабораторной практике наиболее часто применяют рефрактометры типа Аббе. Для более точных определений показателя преломления и дисперсии необходимо использовать рефрактометр типа Пульфриха.

Определение показателя преломления рефрактометром ИРФ-454

Приборы, реактивы, материалы

Рефрактометр типа ИРФ-454, с*теклянная палочка* или *пипетка, петролейный эфир* или *этиловый спирт, салфетка или вата.*

Рефрактометр ИРФ-454 позволяет определять показатель преломления нефтепродукта в интервале от 1.2 до 2.0 для линии Dc точностью $\pm 2 \cdot 10^{-4}$. Принцип действия рефрактометра основан на явлении полного внутреннего отражения при прохождении светом границы раздела двух сред с разными показателями преломления.

Определение показателя преломления проводят при дневном или электрическом свете. Рефрактометр и источник света устанавливают так, чтобы свет падал на входное окно осветительной призмы или на зеркало, которым направляют свет во входное окно измерительной призмы. Перед началом работы следует откинуть осветительную призму и очистить поверхность измерительной призмы. Поверхность призмы очищают путем протирки чистой мягкой неворсистой салфеткой (тканью), смоченной петролейным эфиром или спиртом. Затем по дистиллированной воде или по контрольному образцу проверяют юстировку рефрактометра при 20°С.

После юстировки на чистую полированную поверхность измерительной призмы стеклянной палочкой или пипеткой осторожно, не касаясь призмы, наносят две-три капли исследуемого нефтепродукта и опускают осветительную призму. Измерения прозрачных нефтепродуктов проводят в проходящем свете, когда он проходит через открытое окно осветительной призмы, при этом окно измерительной призмы закрыто зеркалом. Окуляр устанавливают на отчетливую видимость перекрестия. Поворотом зеркала добиваются наилучшей освещенности шкалы. Вращением нижнего маховика границу светотени следует ввести в поле зрения окуляра. Верхний маховик необходимо вращать до исчезновения окраски граничной линии. Наблюдая в окуляр, нижним маховиком наводят границу светотени точно на перекрестие и по шкале показателей преломления снимают отсчет. Цена деления шкалы $1*10^{-3}$. Целые, десятые, сотые и тысячные доли отсчитывают по шкале, а десятитысячные доли оценивают на глаз.

Для окрашенных и темных нефтепродуктов измерения проводят в отраженном свете.

IV. Вязкость

Вязкость, как и плотность, — важный физико-химический параметр, используемый при подсчете запасов нефти, проектировании разработки нефтяных месторождений, выбора способа транспорта и схемы переработки нефти.

Различают динамическую, кинематическую и условную вязкость. Динамическая вязкость **η** — это отношение действующего касательного напряжения к градиенту скорости при заданной температуре. Единица измерения динамической вязкости паскаль-секунда — Па•с, на практике используют обычно мПа•с.

Необходимость определения кинематической и условной вязкости связана с тем, что для определения динамической вязкости требуется источник постоянного давления (постоянно приложенного напряжения) на жидкость. Это условие предопределяет дополнительные технические трудности, сложность воспроизведения и трудоемкость анализа. Кинематическая вязкость **ν**— это отношение динамической вязкости жидкости к плотности при той же температуре:

$$\nu = \eta/\rho$$

Единица кинематической вязкости $м^2/с$, на практике используют обычно $мм^2/с$.

Сущность метода определения кинематической вязкости заключается в замене постоянного давления (внешней силы) давлением столба жидкости, равным произведению высоты столба жидкости, плотности жидкости и ускорения силы тяжести. Эта замена привела к значительному упрощению и распространению метода определения кинематической вязкости в стеклянных капиллярных вискозиметрах.

Определение условной вязкости также основано на истечении жидкости (как правило, для этих целей используют трубку с диаметром отверстия 5 мм) под влиянием силы тяжести. Условная вязкость — отношение времени истечения нефтепродукта при заданной температуре ко времени истечения дистиллированной воды при 20^0С. Единица измерения — условные градусы (^{0}ВУ). Метод определения условной вязкости применяется для нефтепродуктов, дающих непрерывную струю в течение всего испытания и для которых нельзя определить кинематическую вязкость по ГОСТ 33—82. Условную вязкость определяют для нефтяных топлив (мазутов).

Определение кинематической вязкости обязательно для таких товарных нефтепродуктов, как дизельные топлива и смазочные масла (ньютоновские жидкости).

Согласно унифицированной программе исследования для нефтей определяют кинематическую (или динамическую) вязкость при температурах от 0 до 50^{0}С (через 10 ^{0}С). Для маловязких нефтей определение начинают с 20^{0}С. Для керосиновых дистиллятов определяют кинематическую вязкость при 20 — 40^{0}С. Для дизельных — при 20^{0}С, для масляных — при 40, 50 и 100^{0}С. Для остатков, выкипающих выше 350^{0}С, определяют условную вязкость при 50, 80 и 100^{0}С.

На вязкость нефти и нефтепродуктов существенное влияние оказывает температура. С ее понижением вязкость увеличивается. Вязкостно-температурные свойства нефтепродуктов зависят от их фракционного и углеводородного состава. Наименьшей вязкостью и наиболее пологой кривой вязкости обладают алифатические углеводороды. Наибольшей вязкостью и наиболее крутой кривой вязкости — ароматические (особенно би- и полициклические) углеводороды.

Важным эксплуатационным показателем топлив и масел является прокачиваемость. Прокачиваемость моторных топлив и топлив для газотурбинных и котельных установок существенно зависит от их вязкости. Например, количество бензина вязкостью 0.65 мм^2/с, поступающего в двигатель за одну минуту, составляет 100 г, а бензина вязкостью 1.0 мм^2/с — 95 г. В технических требованиях на товарные топлива и смазочные масла предусмотрены соответствующие ограничения значения вязкости. Так, топлива для быстроходных дизелей должны иметь кинематическую вязкость при 20^{0}С в пределах 1.5—6.0 мм^2/с.

С понижением температуры высоковязкие нефти, природные битумы и остаточные нефтепродукты (мазут, гудрон) могут проявлять аномалию вязкости, так называемую структурную вязкость. При этом их течение перестает быть пропорциональным приложенному напряжению, т. е. они становятся неньютоновскими жидкостями. Причиной структурной вязкости является содержание в нефти и нефтепродукте смолисто-асфальтеновых веществ и парафинов.

Для оценки вязкостно-температурных свойств масел имеются соответствующие зависимости для расчета температурного коэффициента вязкости (ТКВ) и индекса вязкости (ИВ).

Определение кинематической вязкости

Приборы, реактивы, материалы

Вискозиметр стеклянный Оствальда, термостат, резиновая трубка, резиновая груша, секундомер.

Сущность метода заключается в измерении времени истечения определенного объема испытуемой жидкости под влиянием силы, тяжести. Испытание проводят в капиллярных стеклянных вискозиметрах. Для проведения анализа подбирают вискозиметр с таким диаметром капилляра, чтобы время истечения жидкости составляло не менее 200 с (рис. 5).

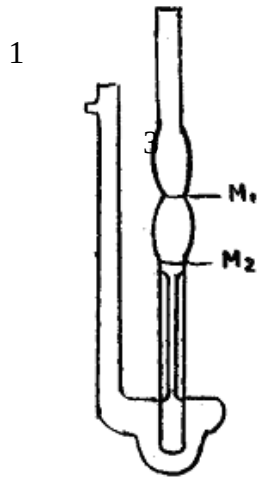


Рис. 5. Вискозиметр Оствальда
1- первое колено,
2- второе колено,
3- расширение.

Чистый сухой вискозиметр заполняют нефтью (нефтепродуктом). Для этого в вискозиметр через воронку заливают точное количество нефтепродукта (отмеченное на вискозиметре). Снимают с внешней стороны конца колена *1* избыток нефти (нефтепродукта) и

надевают на конец колена *2* резиновую трубку. Вискозиметр устанавливают в термостат (баню) так, чтобы расширение *3* было ниже уровня нефти (нефтепродукта). После выдержки в термостате не менее 15 мин засасывают нефть (нефтепродукт) в колено *2,* примерно до 1/3 высоты расширения *3.* Соединяют колено *2* с атмосферой и определяют время перемещения мениска нефти - (нефтепродукта) от метки M_1 до M_2(с погрешностью не более 0.2 с).

Если результаты трех последовательных измерений не отличаются более чем на 0.2 %, кинематическую вязкость **ν**, мм^2/с, вычисляют как среднее арифметическое по формуле:

$$\nu = C \cdot \tau,$$

где **C**— постоянная вискозиметра, мм^2/с^2; **τ** — среднее время истечения нефти (нефтепродукта) в вискозиметре, с.

Динамическую вязкость **η**, мПа-с, исследуемой нефти (нефтепродукта) вычисляют по формуле:

$$\eta = \nu \cdot \rho$$

где **ν**— кинематическая вязкость, мм^2/с; **ρ** — плотность при той же температуре, при которой определялась вязкость, г/см^3.

Допускаемые расхождения последовательных определений кинематической вязкости от среднего арифметического значения не должны превышать следующих значений:

Температура измерения, °С от - 60 до - 30 от -30 до 15 от 15 до 150.

Допускаемое расхождение, % ±2.5 ±1.5 ±1.2

Вопросы для коллоквиума:

1. Подготовка нефтепродукта к анализу.
2. Что такое плотность? Единицы измерения плотности.
3. Относительная плотность.
4. Значение плотности для характеристики нефтей и нефтепродуктов.
5. Методы измерения плотности. Преимущества.
6. Ход работы, результаты.
7. Устройство рефрактометра. Результаты.
8. Динамическая, кинематическая и условная вязкость.
9. Зависимость вязкости от температуры.
10. Результаты исследований.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

Определение содержания воды в нефтях и нефтепродуктах

Диапазон содержания воды в нефтях весьма широк и может изменяться от десятых долей до 60 % и более.

Содержащаяся в нефтях вода может быть в трех формах: растворенная, диспергированная и свободная. Содержание растворенной воды зависит в основном от химического состава нефти, нефтепродуктов и температуры. С повышением температуры растворимость воды увеличивается во всех углеводородах. Наибольшей растворяющей способностью по отношению к воде обладают ароматические углеводороды. Чем выше содержание в нефти ароматических углеводородов, тем выше в ней растворимость воды.

При снижении температуры растворимость воды в нефти и нефтепродуктах уменьшается и вода может выделяться в виде дисперсных частиц, образуя водонефтяные эмульсии. В монодисперсных эмульсиях содержание воды может доходить до 74 %. В реальных условиях водонефтяные эмульсии являются полидисперсными. В нефтях, поступающих со сборных пунктов на установки обезвоживания и обессоливания, размеры глобул воды находятся в пределах от 3—5 до 7—10 мкм. Эти размеры зависят от гидродинамических и других условий добычи нефти, а также степени обводненности пласта. Размеры глобул в течение года для одной и той же скважины могут меняться в пределах 5—12 мкм. Содержание

воды в нефти может доходить до 97 %, однако большинство нефтей образуют с водой достаточно устойчивые эмульсии с содержанием воды не более 60 %. Остальная часть воды находится в свободном состоянии и легко отстаивается.

Важным показателем нефтяных эмульсий является их устойчивость, т. е. способность в течение длительного времени не разрушаться. Агрегативная устойчивость нефтяных эмульсий измеряется продолжительностью их существования и для различных нефтяных эмульсий колеблется от нескольких секунд до нескольких часов и даже месяцев. Устойчивость водонефтяных эмульсий зависит от ряда факторов, в том числе от наличия в них веществ, называемых эмульгаторами. Эти вещества, адсорбируясь на поверхности раздела фаз, снижают межфазное поверхностное натяжение и таким образом повышают ее устойчивость. Известны десятки подобных веществ, содержащихся в нефтях. Большая их часть принадлежит к классу поверхностно-активных веществ. Такими компонентами нефти являются различные нефтяные кислоты, смолистые соединения.

В процессе образования и стабилизации водонефтяных эмульсий наряду с поверхностно-активными веществами важную роль играют тонкодисперсные нерастворимые твердые продукты, находящиеся в нефти в коллоидном состоянии.

К ним относятся асфальтены, микрокристаллы парафина, сульфид железа и другие механические примеси. Эти продукты образуют на поверхности капель механически прочные оболочки, препятствующие их коалесценции.

Стабилизация водонефтяных эмульсий определяется закономерностями адсорбции на поверхности капель различных эмульгирующих веществ. Вначале этот процесс идет быстро, а затем, по мере заполнения свободной поверхности капель, постепенно затухает и скорость его стремится к нулю. В этот период состав и структура бронирующих оболочек стабилизируется. Время, необходимое для такой стабилизации, называется временем старения эмульсии. Время старения эмульсии зависит от многих факторов и для большинства нефтей изменяется от двух-трех до десятков часов. Во время старения повышается и устойчивость эмульсий к расслоению.

Стойкость эмульсий существенно зависит от фракционного состава нефтей. Чем больше содержание в нефти светлых фракций, тем менее устойчивы водонефтяные эмульсии, так как при этом увеличивается разность плотностей воды и нефти. Эмульсии высоковязких нефтей имеют более высокую стойкость, так как более высокая вязкость дисперсной среды препятствует столкновению частиц воды и их укрупнению, т.е. коалесценции.

Повышение концентрации солей в пластовой воде, которая образует с нефтью водонефтяную эмульсию, приводит к уменьшению стойкости эмульсии, так как в этом случае возрастает разность плотности воды и нефти.

В нефтепродуктах содержание воды значительно меньше, чем в нефтях. Большинство нефтепродуктов по отношению к воде обладает очень низкой растворяющей способностью. Кроме того, нефтяные дистиллятные топлива обладают и меньшей, чем нефть, эмульгирующей способностью, так как в процессе переработки удаляется значительная часть смолистых веществ, нафтеновых кислот и их солей, серосодержащих соединений, которые, как сказано выше, играют роль эмульгаторов.

Наличие воды в моторных топливах, смазочных маслах крайне нежелательно. Содержание воды в смазочных маслах усиливает их склонность к окислению и ускоряет коррозию металлических поверхностей, соприкасающихся с маслом. Присутствие воды в моторных топливах может привести при низких температурах к прекращению подачи топлива из-за забивки топливных фильтров кристаллами льда.

Методы определения воды в нефти и нефтепродуктах могут быть разбиты на две группы: качественные и количественные.

Качественные испытания позволяют определять не только эмульсионную, но и растворенную воду. К этим методам относятся пробы на прозрачность, Клиффорда, на потрескивание и на реактивную бумагу. Первые два из этих методов используют для определения

воды в прозрачных нефтепродуктах. Наиболее часто применяемым методом качественного определения воды является проба на потрескивание.

Для количественного определения воды в нефти и нефтепродуктах можно использовать различные их свойства, функционально связанные с содержанием в них воды: плотность, вязкость, поверхностное натяжение, диэлектрическую проницаемость, электропроводимость, теплопроводность и т. д. Заранее рассчитать вид функции, как правило, невозможно из-за неаддитивного вклада воды в измеряемый параметр. Неаддитивность обусловлена химическим взаимодействием молекул воды и вещества. По этой причине математическую зависимость обычно находят, используя экспериментальные данные.

Другая группа методов основана на использовании химических и физико-химических свойств самой воды. К ним, например, относятся метод титрования реактивом Фишера, гидридкальциевый метод и др.

Существующие количественные методы определения воды в жидких продуктах, кроме того, делят на прямые и косвенные. К прямым методам относят метод Дина и Старка, титрование реактивом Фишера, гидридкальциевый метод и центрифугирование, к косвенным — ИК-спектрофотометрический, кондуктометрический, колориметрический и др.

Определение содержания воды по методу Дина и Старка

Это наиболее распространенный и достаточно точный метод определения количественного содержания воды в нефтях и нефтепродуктах. Он основан на азеотропной перегонке пробы нефти или нефтепродукта с растворителями.

Приборы, реактивы, материалы

Колбонагреватель или электроплитка, приемник-ловушка, обратный холодильник, колба круглодонная вместимостью 200 мл, мерный цилиндр, кипелки, петролейный эфир (Ткип=80-100^{0}С), нефтепродукт.

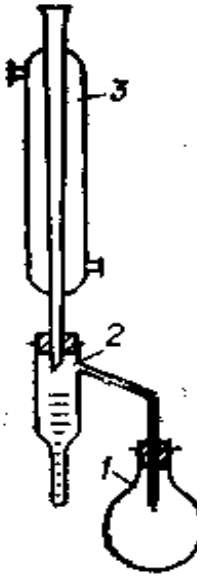


Рис. 6. Прибор Дина и Старка.
1 – круглодонная колба,
2 – насадка Дина –Старка,
3 – холодильник.

Подготовка к анализу. По этому методу в качестве растворителя используют бензин-растворитель (петролейный эфир), выкипающий при 80—100°С и содержащий не более 3% ароматических углеводородов.

Пробу нефти тщательно перемешивают встряхиванием в склянке в течение 5 мин. Высоковязкие нефти и нефтепродукты предварительно нагревают до 40—50°С. Из перемешанной пробы нефти или нефтепродукта берут 30 мл мерным цилиндром в чистую сухую, предварительно взвешенную стеклянную колбу *1* (рис. 6). Затем в колбу *1* этим же цилиндром отмеряют 50 мл растворителя и содержимое перемешивают. Для равномерного кипения перед началом нагревания в колбу бросают несколько **кипелок**.

Колбу при помощи шлифа присоединяют к отводной трубке *2* (насадке Дина – Старка), а к верхней части приемника-ловушки на шлифе присоединяют холодильник *3*.

Приемник-ловушку (пробирку) присоединяют к отводной трубке *2*. Пробирка и холодильник должны быть чистыми и сухими. Во избежание конденсации паров воды из воздуха верхний конец холодильника необходимо закрыть ватой.

Проведение анализа. Содержимое колбы нагревают с помощью колбонагревателя или на электрической плитке. Перегонку ведут так, чтобы из трубки холодильника в приемник-ловушку падали 2—4 капли в секунду. Нагрев прекращают после того, как объем воды в приемнике-ловушке перестанет увеличиваться и верхний слой растворителя станет совершенно прозрачным. Продолжительность перегонки должна быть не менее 30 и не более 60 мин. Если на стенках трубки холодильника имеются капельки воды, то их сталкивают в приемник-ловушку стеклянной палочкой. После охлаждения испытуемого продукта до комнатной температуры прибор разбирают. Если количество воды в приемнике-ловушке не более 0.3 мл и растворитель мутный, то приемник помещают на 20—30 мин в горячую воду для осветления и снова охлаждают до комнатной температуры. После охлаждения определяют объем воды в приемнике-ловушке с точностью до одного верхнего деления.

Объемную долю воды **X, %,** рассчитывают по формуле

$$X\ (\%) = (V \cdot 100)/V_1$$

где **V** — объем воды, собравшейся в приемнике-ловушке мл; V_1— объем нефти или нефтепродукта, взятый для испытания, мл.

Количество воды в приемнике-ловушке 0.03 мл и меньше считается следами.

Вопросы для коллоквиума:

1. Содержание воды в нефти. Водонефтяные эмульсии.
2. Качественные и количественные методы определения воды в нефти.
3. Методика определения содержания воды по Дину и Старку. Результаты работы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

Определение анилиновой точки

Свойства нефтепродуктов в значительной степени определяется их углеводородным составом. Его знание необходимо для правильного применения нефтепродуктов, в частности, знание углеводородного состава бензинов необходимо для их рационального применения в качестве моторного топлива и смазочных масел.

Различные классы углеводородов ведут себя в автомобильных и авиационных двигателях карбюраторного типа неодинаково. Например, парафины нормального строения вызывают при сгорании нежелательное явление – детонацию, в то время, как ароматические углеводороды и изопарафины отличаются высокой детонационной способностью. Нафтены занимают в отношении детонационной способности промежуточное положение. Сейчас можно считать установленным, что все основные характеристики качеств масел - вязкость, индекс вязкости, стабильность против окисления, термическая стабильность, зависят от содержания и состава ароматических углеводородов.

Черножуков и Крейн показали, что нафтеновые углеводороды весьма подвержены окислительному воздействию кислорода, причем окисляемость их возрастает с повышением среднего молекулярного веса фракций. Ароматические углеводороды в определенных концентрациях тормозят окисление нафтенов.

Вязкость масел и пологость кривой вязкости также до известной степени объясняются наличием и концентрацией ароматических углеводородов различного строения.

При определении группового состава нефти и нефтепродуктов следует учитывать, что эти соединения состоят из чрезвычайно большого числа индивидуальных углеводородов и других соединений. Вследствие сложности и длительности определения индивидуального углеводородного состава нефтепродуктов определяют суммарное количество углеводородов определенных классов, содержащихся в нефтепродуктах.

Анилиновый метод

Среди неинструментальных методов определения группового химического состава бензиновых фракций наиболее широкое распространение получил анилиновый метод, основанный на неодинаковой растворимости углеводородов различных классов в анилине.

При смешении нефтяной фракции с анилином при комнатной температуре обычно образуются два слоя, т. е. не происходит полного растворения нефтепродукта в анилине. Если эту смесь нагревать, постоянно перемешивая, то при достижении определенной температуры произойдет полное взаимное растворение анилина и нефтепродукта, слои исчезнут, и жидкость станет однородной. Температуру, соответствующую полному взаимному растворению анилина и нефтепродукта, называют анилиновой точкой или критической температурой растворения (КТР) данного нефтепродукта в анилине. Наиболее низкими анилиновыми точками среди углеводородов характеризуются арены, наиболее высокими — алканы; циклоалканы занимают промежуточное положение. Алкены и циклоалкены имеют несколько более низкое значение анилиновых точек по сравнению с циклоалканами близкой молекулярной массы. В пределах одного гомологического ряда анилиновые точки, как правило, возрастают с увеличением массы и температуры кипения углеводорода. Такая же закономерность наблюдается и для фракций, выделенных из одной и той же нефти.

Существуют два метода определения анилиновых точек: метод равных объемов и метод максимальных анилиновых точек. В первом случае берут равные объемы анилина и исследуемой фракции и определяют температуру их полного смешения. Полученную температуру называют анилиновой точкой. Во втором случае находят температуру, называемую максимальной анилиновой точкой или истинной критической температурой растворения в анилине. Ее получают после нескольких определений температуры растворения продукта в возрастающих количествах анилина. При увеличении количества анилина температура полного растворения сначала повышается и при некотором соотношении фракции и анилина достигает максимума, после чего при дальнейшем увеличении количества анилина начинает падать. Максимальную температуру полного растворения принимают за максимальную анилиновую точку (истинную КТР в анилине). Обычно разница между анилиновыми точками фракций и их максимальными анилиновыми точками невелика, причем она увеличивается с ростом температур кипения фракций и увеличением содержания в них аренов.

Приборы, реактивы, материалы

Пробирка с муфтой объемом 15 мл, стакан из термостойкого стекла вместимостью 750— 1000 мл, термометр с длинной ножкой, анилин свежеперегнанный марки ч., пипетки на 2 мл.

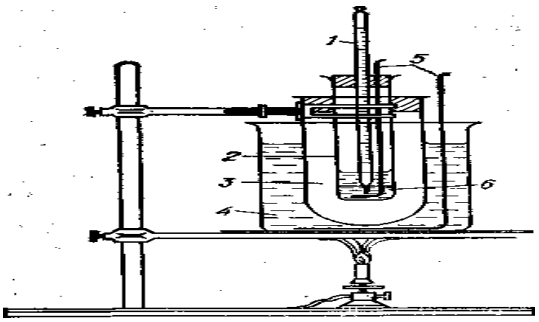


Рис. 7. Прибор для определения анилиновой точки:
1 — термометр,
2 — пробирка,
3 — муфта,
4 — водяная баня,
5 — мешалки,
6—смесь анилина с исследуемой фракцией.

Метод равных объемов. В чистую и сухую пробирку 2 (рис. 7) помещают по 2 мл анилина и анализируемой бензиновой фракции, плотно закрывают пробкой со вставленным в нее термометром 1 и мешалкой 5 и укрепляют в муфте 3, погруженной в водяную баню 4. Продукт и анилин берут с помощью пипеток вместимостью 2 мл. Термометр помещают так, чтобы середина ртутного шарика находилась на уровне линии раздела слоев анилина

и продукта. Температуру водяной бани медленно повышают, при этом непрерывно перемешивают мешалкой продукт с анилином. Отмечают температуру полного смешения жидкостей (при этом раствор становится прозрачным), прекращают нагревание и дают воде медленно остывать. Когда в пробирке 2 появляется муть, что свидетельствует о начале разделения фаз, снова начинают перемешивать раствор мешалкой. Вначале при перемешивании муть исчезает, но затем наступает момент неисчезающего помутнения. За анилиновую точку принимают наивысшую температуру, при которой муть при перемешивании не исчезает. Температуры полного смешения и помутнения не должны расходиться более чем на 0.1^0С. Определение анилиновой точки повторяют с новым образцом исследуемой фракции. Расхождение анилиновых точек в параллельных опытах не должно превышать 0.2^0С.

Метод максимальной анилиновой точки (истинной КТР в анилине). В пробирку 2 помещают 2 мл исследуемой фракции, 1.6 мл анилина и определяют температуру полного растворения, как описано выше. После этого к смеси добавляют еще 0.2 мл анилина и снова определяют температуру растворения. Обычно она бывает выше, чем при первом определении. Анилин прибавляют по 0.2 мл до тех пор, пока после некоторого максимума температуры растворения не наметится ее снижение. Максимальную анилиновую точку фиксируют; она соответствует истинной критической температуре растворения исследуемого продукта в анилине. При наличии достаточного количества вещества для каждого определения следует брать новые порции продукта и анилина.

Вопросы для коллоквиума:

1. Как влияет состав бензина на его эксплуатационные свойства?
2. На чём основан анилиновый метод?
3. Что такое КТР нефтепродукта?
4. Как зависит анилиновая точка от состава нефтепродукта?
5. Чем отличается метод равных объёмов от метода максимальных анилиновых точек?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 7

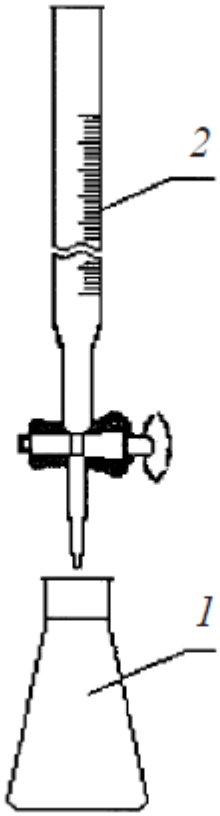
Определение содержания непредельных углеводородов в нефтепродуктах

Определение йодного числа проводится в соответствии с требованиями ГОСТ 2070-82. Стандарт устанавливает два метода (А и Б) определения йодных чисел и массовой доли непредельных углеводородов в бензинах, топливах для реактивных двигателей, дизельных топливах и других светлых нефтепродуктах.

Сущность методов заключается в обработке испытуемого нефтепродукта спиртовым раствором йода, оттитровывании свободного йода раствором тиосульфата натрия и определении йодного числа в граммах йода, присоединяющегося к 100 г нефтепродукта.

Массовую долю непредельных углеводородов определяют по йодному числу и средней молекулярной массе испытуемого нефтепродукта.

Ход определения. При определении йодного числа проводят анализ рабочей пробы с испытуемым топливом и контрольной пробы без испытуемого топлива. Для проведения анализа используют установку, состоящую из конической колбы емкостью 500 мл и бюретки для титрования, представленных на рисунке.



Рисунок– 1 Установка для определения непредельных соединений в нефтепродуктах: 1 – колба; 2 – бюретка

Для взятия массы нефтепродукта при помощи капельницы его наливают в капельницу (около 2 г) и взвешивают. В коническую колбу наливают 15 см^3 этилового спирта и из капельницы отсчитывают 13–15 капель нефтепродукта. Капельницу снова взвешивают и по разности весов определяют массу нефтепродукта, растворенного в спирте. При анализе дизельных топлив вносят в колбу 15 см^3 ацетона. (Навеску нефтепродукта с точностью до 0,0004 гберут в следующих количествах (в зависимости от величины предполагаемого йодного числа): 2-4 г при величине йодного числа до 5 г йода на 100 г нефтепродукта и 0,2-0,4 г – при величине йодного числа более 5 г йода.)

Из бюретки добавляют в колбу 15 мл спиртового раствора йода с концентрацией 20 г/л, плотно закрывают колбу пробкой, предварительно смоченной раствором йодистого калия. Осторожно встряхивают колбу, прибавляют 150 мм дистиллированной воды из цилиндра, быстро закрывают колбу пробкой, содержимое колбы встряхивают в течение 5 мин. и оставляют в темноте еще на 5 мин.

После этого обмывают стенки колбы и пробку дистиллированной водой, добавляют мерным цилиндром 15 мл раствора йодистого калия и оттитровывают избыток йода 0,1 нормальным раствором тиосульфата натрия до светло-желтого окрашивания, приливая осторожно раствор в колбу из бюретки.

Далее в колбу пипеткой добавляют 1 мл раствора крахмала и продолжают титровать до исчезновения синевато-фиолетового окрашивания.

Записывают общий объем раствора тиосульфата натрия в мл, затраченный на титрование навески нефтепродукта.

Аналогично, но без навески нефтепродукта проводят контрольный опыт, записывают объем тиосульфата в мл, пошедший на титрование йода в контрольном опыте.

При выполнении анализа рекомендуется сначала провести контрольный опыт, а затем приступить к анализу испытуемого топлива. Йодное число вычисляют по формуле

$$ЙЧ = \frac{(V_1 - V) \cdot T}{G} \cdot 100,$$

где V_1 – количество раствора гипосульфита, израсходованное на титрование йода в холостом опыте, мл; V – количество раствора гипосульфита, израсходованное на титрование йода в пробе исследуемого вещества, мл; T – титр 0,1 н раствора тиосульфата натрия, выраженный в граммах йода, г J_2/мл; G – масса навески, взятой для анализа, г.

За результат определения йодного числа топлива принимают среднее арифметическое значение двух параллельных определений, округленное до первого десятичного знака.

Результат определения может считаться достоверным, если расхождение между двумя результатами, полученными в одинаковых условиях, не превышает 10 % от величины меньшего результата.

Массовую долю непредельных углеводородов (X1) в нефтепродукте вычисляют по формуле

$$X_1 = \frac{ЙЧ \cdot M}{254},$$

где X – йодное число нефтепродукта, г йода на 100 г нефтепродукта; M – средняя молекулярная масса непредельных углеводородов анализируемого нефтепродукта (табл. 7.1); 254 – молекулярная масса йода.

Расхождение результатов двух последовательных определений массовой доли непредельных углеводородов не должно превышать 0,3 %. Значения средней молекулярной массы непредельных углеводородов в зависимости от температуры выкипания 50 %-ной фракции (по объему, ГОСТ 2177-99) представлены в таблице.

Таблица Зависимость средней молекулярной масс непредельных углеводородов от температуры выкипания 50 %-ной фракции.

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

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 8

Определение кислотности светлых нефтепродуктов

Реактивы: этиловый спирт, 85%-ный водный раствор; гидроксид калия 0,05 н. спиртовый раствор; индикатор нитрозиновый желтый (дельта), 0,5%-ный водный раствор.

Теоретические основы

Органические кислоты, содержащиеся в нефти, при переработке попадают в бензины и дизельное топливо.

Присутствие органических кислот в нефтепродуктах крайне нежелательно. Особенно это относится к низкомолекулярным жирным кислотам, обладающим большой коррозионной активностью. Поэтому содержание органических кислот в нефтепродуктах строго нормируется стандартами.

Содержание органических кислот в нефтепродуктах определяется кислотным числом, которое выражается количеством гидроксида калия (КОН), необходимым для нейтрализации органических кислот, находящихся в 100 мл топлива; измеряется в мг. Кислотное число для бензинов не должно быть более 3 мг КОН на 100 мл топлива; для дизельных топлив – не более 5мг КОН на 100мл топлива.

Сущность определения кислотности светлых нефтепродуктов: из определенного объема анализируемого нефтепродукта кипящим этиловым спиртом экстрагируют органические кислоты, которые затем нейтрализуют прямым титрованием спиртовым раствором едкого кали.

Порядок выполнения работы

В коническую колбу объемом 250 мл с обратным холодильником наливают 50 мл 85%-ного этилового спирта. Устанавливают ее на плитку закрытого типа и кипятят в течение 5 мин для удаления из спирта растворенного углекислого газа. В горячий спирт приливают 5 капель индикатора нитрозинового желтого (дельта) и нейтрализуют 0,05 н. раствором гидроксида калия до перехода окраски из желтой в зеленую.

В колбу с нейтрализованным горячим спиртом приливают 50 мл испытуемого бензина и кипятят с обратным холодильником в течение 5 мин для удаления углекислого газа. К горячему раствору вновь добавляют 5 капель индикатора нитрозинового желтого (дельта) и титруют при перемешивании 0,05 н. спиртовым раствором КОН до перехода окраски из желтой в зеленую. Если при добавлении индикатора окраска будет синей или сине-зеленой, то титрование не проводят, так как это указывает на нулевую кислотность.

Кислотность испытуемого бензина x (в мг КОН/100 мл) рассчитывают по формуле:

$$x = \frac{V_1 \cdot T \cdot 100}{V},$$

где V_1 – объем 0,05 н. спиртового раствора КОН, израсходованного на титрование пробы, мл;

T – титр 0,05 н. раствора КОН, мг/мл;

V – объем испытуемого нефтепродукта, мл.

6 ДИДАКТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ(САМОКОНТРОЛЯ) УСВОЕННОГО МАТЕРИАЛА

6.1 Оценочные средства, показатели и критерии оценивания компетенций

Индекс компетенции	Оценочное средство	Показатели оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций
ПК-1	Коллоквиум	Низкий –неудовлетворительно	- незнание программного материала; - при ответе возникают ошибки; - затруднения при выполнении практических работ.
		Пороговый – удовлетворительно	- усвоение основного материала; - при ответе допускаются неточности; - при ответе недостаточно правильные формулировки;

			- нарушение последовательности в изложении программного материала; - затруднения в выполнении практических заданий.
		Базовый – хорошо	- знание программного материала; - грамотное изложение, без существенных неточностей в ответе на вопрос; - правильное применение теоретических знаний; - владение необходимыми навыками при выполнении и практических задач.
		Высокий – отлично	- глубокое и прочное усвоение программного материала; - полные, последовательные, грамотные и логически излагаемые ответы при видоизменении задания; - свободно справляющиеся с поставленными задачами, знания материала; - правильно обоснованные принятые решения; - владение разносторонними навыками и приемами выполнения практических работ.
	Реферат	Низкий – неудовлетворительно	тема реферата не раскрыта, обнаруживается существенное непонимание проблемы.
		Пороговый – удовлетворительно	имеются существенные отступления от требований к реферированию. В частности: тема освещена лишь частично; допущены фактические ошибки в содержании реферата или при ответе на дополнительные вопросы; во время защиты отсутствует вывод.
		Базовый – хорошо	основные требования к реферату и его защите выполнены, но при этом допущены недочёты. В частности, имеются неточности в изложении материала; отсутствует логическая последовательность в суждениях; не выдержан объём реферата; имеются упущения в оформлении; на дополнительные вопросы при защите даны неполные ответы.
		Высокий – отлично	выполнены все требования к написанию и защите реферата: обозначена проблема и обоснована её актуальность, сделан краткий анализ различных точек зрения на рассматриваемую проблему и логично изложена собственная позиция, сформулированы выводы, тема раскрыта полностью, выдержан объём, соблю-

			дены требования к внешнему оформлению, даны правильные ответы на дополнительные вопросы.
	Тест	Низкий – до 60 баллов (неудовлетворительно)	за верно выполненное задание тестируемый получает максимальное количество баллов, предусмотренное для этого задания, за неверно выполненное – ноль баллов. После прохождения теста суммируются результаты выполнения всех заданий. Подсчитывается процент правильно выполненных заданий теста, после чего этот процент переводится в оценку, руководствуясь указанными критериями оценивания.
		Пороговый – 61-75 баллов (удовлетворительно)	
		Базовый – 76-84 баллов (хорошо)	
		Высокий – 85-100 баллов (отлично)	
ПК-5	Отчет по лабораторной работе	Низкий – неудовлетворительно	ставится, если допущены существенные ошибки (в ходе эксперимента, в объяснении, в оформлении работы, по технике безопасности, в работе с веществами и приборами), которые не исправляются даже по указанию преподавателя.
		Пороговый – удовлетворительно	ставится, если допущены одна-две существенные ошибки (в ходе эксперимента, в объяснении, в оформлении работы, по технике безопасности, в работе с веществами и приборами), которые исправляются с помощью преподавателя.
		Базовый – хорошо	а)работа выполнена правильно, без существенных ошибок, сделаны выводы; б) допустимы: неполнота проведения или оформления эксперимента, одна-две несущественные ошибки в проведении или оформлении эксперимента, в правилах работы с веществами и приборами
		Высокий – отлично	а) работа выполнена полно, правильно, без существенных ошибок, сделаны выводы; б) эксперимент осуществлен по плану с учетом техники безопасности и правил работы с веществами и приборами; в) имеются организационные навыки (поддерживается чистота рабочего места и порядок на столе, экономно используются реактивы).

6.2 Промежуточная аттестация студентов по дисциплине

Промежуточная аттестация является проверкой всех знаний, навыков и умений студентов, приобретённых в процессе изучения дисциплины. Формой промежуточной аттестации по дисциплине является зачёт.

Для оценивания результатов освоения дисциплины применяется следующие критерии оценивания.

Критерии оценивания устного ответа на зачете

Оценка «зачтено» выставляется студенту, если:

1. Вопросы раскрыты, изложены логично, без существенных ошибок.
2. Показано умение иллюстрировать теоретические положения конкретными примерами.
3. Продемонстрировано усвоение ранее изученных вопросов, сформированность компетенций, устойчивость используемых умений и навыков. Допускаются незначительные ошибки.

Оценка «не зачтено» выставляется, если:

1. Не раскрыто основное содержание учебного материала.
2. Обнаружено незнание или непонимание большей, или наиболее важной части учебного материала.
3. Допущены ошибки в определении понятий, которые не исправлены после нескольких наводящих вопросов.
4. Не сформированы компетенции, умения и навыки.

Вопросы к зачету

1. Теории происхождения нефти.
2. Физико-химические свойства нефти. Характеризующий фактор.
3. Групповой и элементный состав нефти. Гетероатомные соединения нефти, распределение их по фракциям нефти. Основные недостатки присутствия гетероатомных соединений во фракциях нефти.
4. Кислородные соединения нефти. Нефтяные кислоты.
5. Сернистые соединения. Меркаптаны. Сульфиды. Дисульфиды. Тиофаны. Тиофены.
6. Азотистые соединения. Азотистые основания и нейтральные азотистые соединения.
7. Смолисто-асфальтеновые вещества. Асфальтогеновые кислоты. Нейтральные смолы. Асфальтены.
8. Фракционный состав нефти. Методы его определения.
9. Гидрогенизационные процессы. Катализаторы гидрокрекинга и гидроочистки. Суть процесса Клауса.
10. Термические процессы переработки нефти. Особенности протекания термических процессов для разных классов углеводородов.
11. Процессы термической переработки нефти. Механизм термической деструкции углеводородов.
12. Термический крекинг. Пиролиз углеводородов. Коксование нефтяного сырья.
13. Производство олефинов. Крекинг этана и пропана. Особенности осуществления. Состав продуктов.
14. Каталитический риформинг. Катализаторы каталитического риформинга. Особенности термокаталитических реакций при каталитическом риформинге. Цель введения водорода в реакционную зону.
15. Ароматические углеводороды как продукты каталитического риформинга. Риформат – один из компонентов компаундированного бензина.
16. Термокаталитические процессы. Алкилирование. Сырье. Катализаторы. Механизм. Назначение. С- алкилирование. Алкилат как один из компонентов компаундированного бензина.
17. Термокаталитические процессы. Изомеризация. Сырье. Катализаторы. Механизм. Назначение.

18. Окисление углеводородов. Получение синтез-газа. Синтезы на основе оксида углерода и водорода. Производство высших углеводородов. Сущность процесса Фишера – Тропша и его значение для получения синтетических жидких топлив.
19. Классификация нефтепродуктов и горюче-смазочных материалов. Бензины. Дизельное топливо. Остаточное топливо.
20. Бензины. Эксплуатационные свойства. Детонационная стойкость. Получение заданного октанового числа смеси.
21. Сравнительную характеристика применяемых в нефтеперерабатывающей промышленности способов увеличения октанового числа бензина.
22. Парафины и церезины.
23. Нефтяные битумы. Получение. Классификация. Свойства. Применение.

6.3 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕРКИ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ, ПК-1, ПК-5

Тесты содержат следующие типы заданий

Тип задания	**№ задания**	**Вес задания (балл)**	**Результат оценивания (баллы, полученные за выполнение задания / характеристика правильности ответа)**
задания закрытого типа с выбором одного правильного (1 из 4)	1, 2, 3	1 балл	1 б - полное правильное соответствие; 0 б - остальные случаи
задания закрытого типа с выбором нескольких правильных ответов (3 из 6)	4, 5, 6, 7	2 балла	2 б – полное правильное соответствие (последовательность вариантов ответа может быть любой); 1 б – если допущена одна ошибка / ответ правильный, но не полный; 0 б – остальные случаи
задания закрытого типа на установление соответствия (4 на 4)	8, 9	2 балла	2 б – полное правильное соответствие; 1 б – если допущена одна ошибка / ответ правильный, но не полный; 0 б – остальные случаи
задание закрытого типа на установление последовательности	10, 11	2 балла	2 б – полное правильное соответствие; 1 б – если допущена одна ошибка / ответ правильный, но не полный; 0 б – остальные случаи
задания открытого типа с кратким ответом	12, 13	3 балла	3 б – полное правильное соответствие; 0 б – остальные случаи.
задания открытого типа с развернутым ответом	14, 15	5 баллов	5 б – полное правильное соответствие; если допущена одна ошибка/неточность / ответ правильный, но не полный - 3 балла; если допущено более одной ошибки / ответ неправильный / ответ отсутствует – 0 баллов

Формируемая компетенция	**Индикаторы сформированности компетенции**

ПК-1. Владеет системой фундаментальных химических понятий и законов, **индикаторами** достижения которой является:	**ПК-1.1.** Понимает основные принципы, законы, методологию изучаемых химических дисциплин, теоретические основы физических и физико-химических методов исследования. ПК-1.2. Использует фундаментальные химические понятия в своей профессиональной деятельности. ПК-1.3**.** Интерпретирует полученные результаты, используя базовые понятия химических дисциплин

Задание 1. Какой физико-химический метод используется для определения группового состава бензиновых фракций, основанный на разной растворимости углеводородов в анилине?

1. Рефрактометрия
2. Адсорбционная хроматография
3. Анилиновый метод
4. Метод Дина и Старка

Ответ: 3

Задание 2. Какой процесс лежит в основе разделения нефти на фракции с близкими температурами кипения при лабораторном анализе?

1. Прямая перегонка
2. Ректификация
3. Адсорбция
4. Экстракция

Ответ: 2

Задание 3. На каком физико-химическом явлении основан метод определения содержания воды в нефти и нефтепродуктах по методу Дина и Старка?

1. Адсорбции воды на силикагеле
2. Азеотропной перегонке с растворителем
3. Титровании водой
4. Измерении электропроводности

Ответ: 2

Задание 4. Какие из перечисленных лабораторных методов используются для анализа химического состава и свойств нефтепродуктов?

1. Определение фракционного состава методом прямой перегонки
2. Спектрофотометрия в ультрафиолетовой области
3. Определение содержания воды методом Дина и Старка
4. Определение содержания непредельных углеводородов по йодному числу
5. Масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой
6. Калориметрия

Ответ: 1, 3, 4

Задание 5. Какие из перечисленных классов химических соединений входят в состав нефти?

1. Алканы
2. Арены
3. Нафтены

4. Карбены
5. Спирты
6. Альдегиды
   Ответ: 1, 2, 3

Задание 6. Какие из перечисленных процессов относятся к вторичным методам переработки нефти?

1. Каталитический крекинг
2. Гидрокрекинг
3. Первичная перегонка (ректификация)
4. Каталитический риформинг
5. Обессоливание и обезвоживание
6. Адсорбционная очистка
   Ответ: 1, 2, 4

Задание 7. Какие из перечисленных физико-химических свойств нефти и нефтепродуктов определяются стандартными методами и являются важными для их характеристики?

1. Температура застывания
2. Плотность
3. Кинематическая вязкость
4. Показатель преломления
5. Электропроводность
6. Теплопроводность
   Ответ: 2, 3, 4

Задание 8. Установите соответствие между методом анализа нефтепродуктов и физико-химической характеристикой, которую он определяет.

Определение плотности пикнометром : Масса единицы объема при 20°C
Определение кинематической вязкости вискозиметром : Время истечения определенного объема под действием силы тяжести
Определение показателя преломления рефрактометром : Отношение синуса угла падения к синусу угла преломления светового луча
Определение анилиновой точки : Температура полного взаимного растворения с анилином

Задание 9. Установите соответствие между процессом переработки нефти и его основной целью или получаемым продуктом.

Прямая перегонка : Разделение нефти на фракции по температурам кипения
Каталитический риформинг : Повышение октанового числа бензина и получение ароматических углеводородов
Гидроочистка : Удаление сернистых, азотистых и кислородных соединений
Каталитический крекинг : Получение дополнительного количества бензина из тяжелых фракций

Задание 10. Установите правильную последовательность основных этапов определения содержания воды методом Дина и Старка.

1. Отбор и подготовка пробы.
2. Смешивание пробы нефтепродукта с растворителем в колбе и сборка прибора.
3. Нагревание для проведения азеотропной перегонки до прекращения увеличения объема воды в ловушке.
4. Измерение объема выделившейся воды в градуированной части приемника.

Задание 11. Установите логическую последовательность изучения разделов дисциплины.

1. Сырье и общая характеристика нефти (происхождение, запасы, свойства).
2. Химический состав нефти (углеводороды и гетероатомные соединения).
3. Процессы переработки нефти (первичные и вторичные).
4. Методы анализа свойств товарных нефтепродуктов.

Задание 12. Как называется качественная проба с использованием формалина и серной кислоты для обнаружения ароматических углеводородов в нефтяных фракциях?

Ответ: Формалитовая проба

Задание 13. Какой метод используется для оценки группового углеводородного состава бензиновых фракций на основе определения температуры их полного смешения с анилином?

Ответ: Анилиновый метод

Задание 14. Объясните, в чём заключается ключевое технологическое отличие процесса простой перегонки от ректификации при разделении нефтяных фракций.

Ответ**:**

Простая перегонка основана на однократном испарении и конденсации, при этом разделяются компоненты с большой разницей в температурах кипения. Ректификация — это многократный противоточный процесс контакта паров и жидкости, позволяющий разделять компоненты с близкими температурами кипения благодаря созданию концентрационных градиентов в колонне.

Задание 15. Почему определение кинематической вязкости является обязательным и нормируемым показателем для таких товарных нефтепродуктов, как дизельные топлива и смазочные масла?

Ответ:

Кинематическая вязкость напрямую влияет на прокачиваемость топлива и смазывающую способность масла, а также на работу топливной аппаратуры и формирование топливно-воздушной смеси; её нормирование гарантирует стабильную работу двигателей и механизмов в заданном диапазоне температур.

Формируемая компетенция	**Индикаторы сформированности компетенции**
ПК-5. Способен осуществлять контроль качества сырья, компонентов выпускаемой продукции химического назначения под руководством специалистов более высокой квалификации, **индикаторами** достижения которой является:	ПК-5.1 Выбирает методы и средства контроля качества сырья, компонентов и выпускаемой продукции химического назначения на соответствие требуемой нормативной документации ПК-5.2.Выполняет стандартные операции на типовом оборудовании для характеристики сырья, промежуточной и конечной продукции химического производства.

	ПК-5.3. Составляет протоколы испытаний, отчеты о выполненной работе по заданной форме. ПК-5.4. Осуществляет контроль точности аналитического оборудования на соответствие требуемой нормативной документации.

Задание 1
Какой тип растворителя в жидкостно-адсорбционной хроматографии используется для полного разделения парафино - нафтеновой и ароматической фракций бензина без отбора промежуточной смеси?

1. Только вытесняющий растворитель (например, изопропанол)
2. Только смещающий растворитель (например, изопентан)
3. Последовательно смещающий, а затем вытесняющий растворитель
4. Вода с последующей сушкой адсорбента

Ответ: **3**

Задание 2. Какой стандартный метод применяется для контроля качества светлых нефтепродуктов (например, бензинов) по содержанию органических кислот?

1. Определение йодного числа
2. Определение анилиновой точки
3. Определение кислотности титрованием спиртовым раствором щёлочи
4. Определение воды методом Дина и Старка

Ответ: **3**

Задание 3. Какой первичный документ должен быть составлен по результатам стандартного лабораторного испытания нефтепродукта?

1. Патентный отчёт
2. Научная статья
3. Протокол испытаний установленной формы
4. Экспертное заключение

Ответ: **3**

Задание 4. При определении фракционного состава нефти методом прямой перегонки студент должен выполнить ряд операций. Выберите три действия, которые непосредственно относятся к контролю качества сырья в рамках данной лабораторной работы:

1. Взвешивание колбы с нефтепродуктом до и после перегонки для определения массы навески и кубового остатка.
2. Измерение показателя вязкости каждой отобранной фракции.
3. Запись температуры кипения фракций через каждые 5°C при отсутствии четкой температуры кипения.
4. Определение содержания воды в каждой фракции.
5. Определение цвета нефтепродукта до начала перегонки.
6. Ведение протокола испытаний с указанием температур кипения, масс фракций и показателей преломления.

Ответ: 1, 3, 6

Задание 5. Какие из перечисленных операций относятся к обязательным этапам подготовки к анализу или проведения анализа нефтепродуктов в соответствии с правилами безопасности?

1. Нагревание легковоспламеняющихся жидкостей на открытом пламени
2. Проведение работ с нефтепродуктами в вытяжном шкафу
3. Использование кипелок для равномерного кипения при перегонке
4. Заполнение вискозиметра точным объемом исследуемой жидкости
5. Выливание органических растворителей в раковину после анализа
6. Осветление пробы перед определением плотности

Ответ: 2, 3, 4

Задание 6. Какие из перечисленных показателей качества являются нормируемыми для светлых нефтепродуктов (бензинов, дизельных топлив)?

1. Кислотность
2. Йодное число
3. Содержание воды
4. Цетановое число для бензинов
5. Октановое число для дизельных топлив, определяемое на моторной установке
6. Температура застывания

Ответ: 1, 2, 3

Задание 7. Какие из перечисленных действий и документов непосредственно связаны с проведением лабораторного анализа нефтепродуктов?

1. Выбор метода анализа, соответствующего нормативной документации
2. Составление протокола испытаний по установленной форме
3. Проведение градуировки оборудования перед серией анализов
4. Разработка новой методики анализа
5. Соблюдение правил техники безопасности при работе с оборудованием и реактивами
6. Написание научной статьи по результатам работы

Ответ: 1, 2, 5

Задание 8. Установите соответствие между лабораторной работой и ключевым методом или реактивом, используемым для контроля качества нефтепродукта в данной работе.

Определение кислотности светлых нефтепродуктов : Титрование спиртовым раствором гидроксида калия
Определение содержания непредельных углеводородов : Тиосульфат натрия для титрования избытка йода
Определение содержания воды методом Дина и Старка : Азеотропная перегонка с петролейным эфиром
Очистка от ароматических углеводородов адсорбцией : Адсорбция на оксиде алюминия с последующей десорбцией спиртом

Задание 9. Установите соответствие между видом нормируемого контроля качества нефтепродукта и типом нормативной документации или стандарта, на который ориентируется данная процедура.

Контроль точности аналитического оборудования : Требования паспорта или методики поверки прибора
Составление протокола испытаний : Установленная форма отчётности предприятия или ГОСТ на методы испытаний ГОСТ 2070-82 "Топлива моторные. Метод определения йодных чисел»
Выбор метода определения йодного числа :
Определение фракционного состава : ГОСТ 2177-99 "Нефтепродукты. Метод определения фракционного состава"

Задание 10. Установите правильную последовательность основных этапов проведения анализа для определения плотности нефтепродукта с помощью пикнометра по стандартной методике.

1. Промывка и сушка пикнометра.
2. Определение водного числа пикнометра (взвешивание пустого и заполненного дистиллированной водой).
3. Заполнение чистого пикнометра нефтепродуктом, установление уровня по мениску и взвешивание.
4. Расчёт плотности по формуле с использованием водного числа.

Задание 11. Установите правильную последовательность основных этапов проведения анализа для определения кислотности светлых нефтепродуктов по стандартной методике.
1. Кипячение спирта для удаления растворённого углекислого газа и его нейтрализация.
2. Внесение пробы нефтепродукта в нейтрализованный спирт и кипячение смеси с обратным холодильником.
3. Титрование горячей спирто-нефтепродуктовой смеси раствором гидроксида калия до изменения окраски индикатора.
4. Расчёт кислотности по формуле, используя объём титранта и титр раствора.

Задание 12. Какой тип лабораторного прибора используется по стандартной методике для измерения кинематической вязкости маловязких нефтепродуктов, таких как дизельные топлива и масла?
Ответ: Вискозиметр капиллярный

Задание 13. Какой стандартный лабораторный показатель, определяемый для дизельных топлив, характеризует их низкотемпературные свойства и способность к фильтрации?
Ответ: Температура помутнения

Задание 14. Объясните, каким образом специалист, руководствуясь нормативной документацией, выбирает конкретный метод для контроля качества дизельного топлива по содержанию механических примесей, и в чём заключается суть этого метода?

Ответ:
На основании требований стандарта (например, ГОСТ) выбирается метод, основанный на фильтровании раствора топлива в органическом растворителе. Суть метода заключается в выделении нерастворимого остатка на фильтре, который характеризует содержание механических примесей.

Задание 15. Почему при определении кислотности светлых нефтепродуктов (например, бензина) по стандартной методике необходимо предварительно кипятить этиловый спирт и нейтрализовать его щёлочью перед внесением пробы?

Ответ: Эта процедура проводится для удаления растворённого углекислого газа, который может быть поглощён спиртом из воздуха и исказит результат титрования, искусственно завысив значение кислотности. Нейтрализация спирта обеспечивает точность анализа, так как титруется только кислота, содержащаяся в самой пробе нефтепродукта.

7 ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ

Информационные технологии– обучение в электронной образовательной среде с целью расширения доступа к образовательным ресурсам, увеличения контактного взаимодействия с преподавателем, построения индивидуальных траекторий подготовки, объективного контроля и мониторинга знаний студентов.

В образовательном процессе по дисциплине используются следующие информационные технологии, являющиеся компонентами Электронной информационно-образовательной среды БГПУ:

- Официальный сайт БГПУ;
- Система электронного обучения ФГБОУ ВО «БГПУ»;
- Система тестирования на основе единого портала «Интернет-тестирования в сфере образования www.i-exam.ru»;
- Система «Антиплагиат.ВУЗ»;
- Электронные библиотечные системы;
- Мультимедийное сопровождение лекций и практических занятий.

8 ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ИНВАЛИДАМИ И ЛИЦАМИ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья применяются адаптивные образовательные технологии в соответствии с условиями, изложенными в разделе «Особенности реализации образовательной программыдля инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья» основной образовательной программы (использование специальных учебных пособий и дидактических материалов, специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования, предоставление услуг ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь и т. п.) с учётом индивидуальных особенностей обучающихся.

Для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья предусмотрены следующие формы организации педагогического процесса и контроля знаний:

- для слабовидящих:

обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;

для выполнения контрольных заданий при необходимости предоставляется увеличивающее устройство;

задания для выполнения, а также инструкции о порядке выполнения контрольных заданий оформляются увеличенным шрифтом (размер 16-20);

- для глухих и слабослышащих:

обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости обучающимся предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;

- для лиц с тяжелыми нарушениями речи, глухих, слабослышащих все контрольные задания по желанию могут проводиться в письменной форме.

Основной формой организации педагогического процесса является интегрированное обучение инвалидов, т.е. все обучающиеся учатся в смешанных группах, имеют возможность постоянно общаться со сверстниками, легче адаптируются в социуме.

9 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ

9.1 Список литературы

Основная литература

1. Потехин, В.М., Потехин В.В. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки / В.М. Потехин, В.В. Потехин : Учебник, 3-е изд., испр. и доп. СПб : Изд-во «Лань», 2014.896 с. (5 экз).

Дополнительная литература

1. Хейфец, Л. И. Химическая технология. Теоретические основы : учеб. пособие для студ. вузов / Л. И. Хейфец, В. Л. Зеленко ; под ред. В. В. Лунина. - М. : Академия, 2015. - 464 с. (8 экз).

2. Травень, В. Ф. Органическая химия: Учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению «Химическая технология и биотехнология» / В. Ф. Травень. - М.: ИКЦ Академкнига, 2005. - Т. 1. – 727 с. (10 экз)

3. Травень, В. Ф. Органическая химия: Учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению «Химическая технология и биотехнология» / В. Ф. Травень. - М.: ИКЦ Академкнига, 2005. - Т. 2. – 582 с. (10 экз)

4. Реутов, О. А. Органическая химия: Учебник для студ. вузов, обучающихся по спец. «Химия» / О. А. Реутов,А. Л. Курц, К. П. Бутин. – М.: Бином: Лаб. Знаний. – (Классический университетский учебник), 2007. Ч. 1.–567 с. (10 экз)

5. Реутов, О. А. Органическая химия: Учебник для студ. вузов, обучающихся по спец. «Химия» / О. А. Реутов,А. Л. Курц, К. П. Бутин. – М.: Бином: Лаб. Знаний. – (Классический университетский учебник), 2007. Ч. 2. – 623с. (8 экз)

6. Реутов, О. А. Органическая химия: Учебник для студ. вузов, обучающихся по спец. «Химия» / О. А. Реутов,А. Л. Курц, К. П. Бутин. – М.: Бином: Лаб. Знаний. – (Классический университетский учебник), 2007. Ч. 3. – 544с. (10 экз)

7. Реутов, О. А. Органическая химия: Учебник для студ. вузов, обучающихся по спец. «Химия» / О. А. Реутов,А. Л. Курц, К. П. Бутин. – М.: Бином: Лаб. Знаний. – (Классический университетский учебник), 2004. Ч. 4. – 726с. (16 экз)

8. Технология переработки углеводородных газов : учебник для вузов / В. С. Арутюнов, И. А. Голубева, О. Л. Елисеев, Ф. Г. Жагфаров. - Москва : Издательство Юрайт, 2022. - 723 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-12398-2. - Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. - URL: https://urait.ru/bcode/495689.

9.2 Базы данных и информационно-справочные системы

1. XuMuK.ru http://www.xumuk.ru
2. Электронная библиотека по химии http://www.chem.msu.su/rus/elibrary/
3. Портал научной электронной библиотеки http://elibrary.ru/defaultx.asp

9.3 Электронно-библиотечные ресурсы

1. Polpred.com Обзор СМИ/Справочник https://polpred.com/news
2. ЭБС «Юрайт» https://urait.ru

10 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются аудитории, оснащённые учебной мебелью, аудиторной доской, компьютером(рами) с установленным лицензионным специализированным программным обеспечением, коммутатором для выхода в электронно-библиотечную систему и электронную информационно-

образовательную среду БГПУ, мультимедийными проекторами, экспозиционными экранами, учебно-наглядными пособиями (таблицы, мультимедийные презентации). Для проведения лабораторных занятий также используется:

Ауд. 331 «А». Лаборатория физических методов исследования

- Стол лабораторный -2-мест. (4шт.)
- Стул (8 шт.)
- Стол преподавателя (1 шт.)
- Компьютер с установленным лицензионным специализированным программным обеспечением (4 шт.)
- 8 - портовый коммутатор D-Link для выхода в электронно-библиотечную систему и электронную информационно-образовательную среду БГПУ (1 шт.)
- МФУ «SAMSUNG» (1 шт.)
- ДериватографSTA PT 1000 в комплекте (1 шт.)
- ИК Фурье-спектрометр ФСМ 2202 (1 шт.)
- Рефрактометр лабораторный ИРФ-454Б2М (с подсветкой и доп. шкалой) (1 шт.)
- Тигель платиновый с крышкой; объем 0,12 мл (2 шт.)
- Ультразвуковая ванна (1 шт.)
- Хроматомасс-спектрометр GCMS-QP2010SE с устройством прямого ввода DI-2010 (1 шт.)

Ауд. 219 «А». Лаборатория химической технологии

- Стол лабораторный 2-мест. (12 шт.)
- Стул (24 шт.)
- Стол преподавателя (1 шт.)
- Стул преподавателя (1 шт.)
- Пюпитр (1 шт.)
- Аудиторная доска (1 шт.)
- Компьютер с установленным лицензионным специализированным программным обеспечением (3 шт.)
- 8 - портовый коммутатор D-Link для выхода в электронно-библиотечную систему и электронную информационно-образовательную среду БГПУ (1 шт.)
- Мультимедийный проектор SHARP -10 X(1 шт.)
- Принтер лазерный «CANON» (2 шт.)
- Экспозиционный экран (навесной) (1 шт.)
- ЯМР-спектрометр низкого разрешения «Спин Трэк» (1 шт.)
- Весы GF-300 (1 шт.)
- Весы торсионные ВТ-100 (1 шт.)
- Вискозиметр (4 шт.)
- Иономер (3 шт.)
- Кондуктометр анион-4120 (3 шт.)
- КФК-2 (1 шт.)
- Люксмер (1 шт.)
- Мешалка магнитная П-Э-6100 (2 шт.)
- Модуль «Термический анализ» (3 шт.)
- Модуль «Термостат» (3 шт.)
- Модуль «Универсальный контроллёр» (3 шт.)
- Модуль «Электрохимия» (3 шт.)
- Модуль универсальный (6 шт.)
- Набор сит КП-131(1 шт.)
- Поляриметр (1 шт.)
- Потенциометр (1 шт.)
- Центрифуга лабораторная ОПН-8 (с ротором) (1 шт.)

- Штатив для электродов (2 шт.)
- Эксикатор с краном (1 шт.)
- Модуль «Общелабораторный» (1 шт.)
- Спектрофотометр (1 шт.)
- Спектрофотометр КФК-3КМ (1 шт.)
- Комплект ариометров (1 шт.)
- Метроном (1 шт.)
- Мост реохордный с сосудом
- Термостат ТС-1/80 СПУ (1 шт.)
- Учебно-наглядные пособия - слайды, таблицы, мультимедийные презентации по дисциплине «Анализ нефтепродуктов»
- Штативы для пробирок, нагревательные приборы, лабораторная посуда.
  Химические реактивы по тематике лабораторных работ.

Самостоятельная работа студентов организуется в аудиториях оснащенных компьютерной техникой с выходом в электронную информационно-образовательную среду вуза, в специализированных лабораториях по дисциплине, а также в залах доступа в локальную сеть БГПУ, в лаборатории психолого-педагогических исследований и др.

Лицензионное программное обеспечение: операционные системы семейства Windows, Linux; офисные программы Microsoft office, Libreoffice, OpenOffice; Adobe Photoshop, Matlab, DrWeb antivirus и т.д.

Разработчик: Трофимцова И.А., кандидат химических наук, доцент кафедры химии.

11 ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ И ДОПОЛНЕНИЙ

Утверждение изменений и дополнений в РПД для реализации в 2026/2027 уч. г.

РПД пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026/2027 уч. г. на заседании кафедры химии (протокол № 8 от 28 мая 2026 г.).