

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»  
(НХТИ ФГБОУ ВО «КНИТУ»)



УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по УР

Н.И. Никифорова

« 30 » мая 2022 г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

по дисциплине (модулю)

**Б1.В.05 Современные технологии и оборудование переработки нефти и  
попутного газа**  
(наименование дисциплины)

**18.04.01 «Химическая технология»**  
(код и наименование направления подготовки)

**«Процессы и технологии глубокой переработки нефти»**  
(программа подготовки)

магистр  
квалификация

очно-заочная  
форма обучения

Нижнекамск, 2022 г.

Составитель ФОС:

доцент кафедры Нефтехимического синтеза  Р.Н. Бариева


ФОС рассмотрен и одобрен на заседании кафедры Нефтехимического синтеза,  
протокол от 06 апреля 2022 г. № 8

Зав.кафедрой



Р.З. Агзамов

Эксперт:

Руководитель программы магистратуры, разработчик учебного плана  
Вдовина С.В., доцент кафедры Нефтехимического синтеза НХТИ ФГБОУ ВО  
«КНИТУ» 

***Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием этапов формирования в процессе освоения дисциплины***

Компетенции:

ПК-3.1 Знает теоретические основы промышленных технологических процессов современных нефтехимических производств; основные направления развития и совершенствования технологий промышленных производств; принципы построения технологических схем производств; способы рационального использования сырья и утилизации производственных отходов

ПК-3.2 Умеет разрабатывать и совершенствовать технологию производства продуктов органического и нефтехимического синтеза; разрабатывать технологические схемы химических производств; анализировать способы рационального использования сырья и утилизации производственных отходов, проводить анализ контроля качества технологического процесса

ПК-3.3 Владеет теоретическими основами промышленных технологических процессов органического и нефтехимического синтеза; навыками разработки и совершенствования технологии производства продуктов органического и нефтехимического синтеза; принципами построения технологических схем химических производств; способами рационального использования сырья и утилизации производственных отходов; способами анализа контроля качества технологического процесса; навыками устранения технологического брака

<b>Индикаторы достижения компетенции</b>	<b>Этапы формирования в процессе освоения дисциплины</b> (указать все темы из РПД)				<b>Наименование оценочного средства</b>
	<b>Лекции</b>	<b>Практические занятия, лабораторный практикум</b>	<b>Лабораторные занятия</b>	<b>Курсовой проект (работа)</b>	
ПК-3.1	<i>Темы 1,2,3,4</i>	<i>Не предусмотрены</i>	<i>Темы 1,2,3,4</i>	<i>Не предусмотрены</i>	<i>Коллоквиумы, лабораторные работы, зачет, экзамен</i>
ПК-3.2	-	<i>Не предусмотрены</i>	<i>Темы 1,2,3,4</i>	<i>Не предусмотрены</i>	<i>Коллоквиумы, лабораторные работы, зачет, экзамен</i>
ПК-3.3	<i>Темы 1,2,3,4</i>	<i>Не предусмотрены</i>	<i>Темы 1,2,3,4</i>	<i>Не предусмотрены</i>	<i>Коллоквиумы, лабораторные работы, зачет, экзамен</i>

**Перечень оценочных средств по дисциплине (модулю)**

Оценивающие мероприятия	Кол-во	Баллы	
		min	max
2 семестр			
Лабораторная работа	1	18	30
Коллоквиум	1	18	28
Зачет	1	24	40
ИТОГО		60	100
3 семестр			
Лабораторная работа	1	18	30
Коллоквиум	1	18	30
Экзамен	1	24	40
ИТОГО		60	100

### *Шкала оценивания*

Цифровое выражение	Выражение в баллах:	Словесное выражение	Критерии оценки индикаторов достижения при форме контроля:
			экзамен / зачет с оценкой
5	87 - 100	Отлично (зачтено)	Оценка «отлично» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов; исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний; использует в ответе дополнительный материал все предусмотренные программой задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному; анализирует полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий
4	74 - 86	Хорошо (зачтено)	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено полностью, необходимые практические компетенции в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое. Студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
3	60 - 73	Удовлетворительно (зачтено)	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, большинство предусмотренных программой заданий выполнено, но в них имеются ошибки, при ответе на поставленный вопрос студент допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, наблюдаются нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
2	Ниже 60	Неудовлетворительно (не зачтено)	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы, необходимые практические компетенции не сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному

### Краткая характеристика оценочных средств

<i>№ п/п</i>	<i>Наименование оценочного средства</i>	<i>Краткая характеристика оценочного средства</i>	<i>Представление оценочного сред- ства в фонде</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
	Лабораторная работа	Это вид учебной работы, целью которой является изучение (исследование, измерение) характеристик лабораторного объекта. Цель лабораторных занятий: освоение изучаемой учебной дисциплины; приобретение навыков практического применения знаний учебной дисциплины (дисциплин) с использованием технических средств и (или) оборудования	Темы лабораторных работ, контрольные вопросы по теме лабораторной работы, вопросы к коллоквиуму
	Практическое занятие	В ходе практических работ студенты овладевают умениями пользоваться работами с нормативными документами и инструктивными материалами, справочниками, составлять техническую документацию; выполнять чертежи, схемы, таблицы, решать разного рода задачи, делать вычисления, определять характеристики различных веществ, объектов, явлений. Цель практических занятий заключается в выработке у студентов навыков применения полученных знаний для решения практических задач в процессе совместной деятельности с преподавателями.	Темы практических занятий; контрольные вопросы и задания по теме практического занятия
	Коллоквиум	Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования преподавателя с обучающимися.	Вопросы по темам/разделам дисциплины
	Круглый стол, дискуссия, полемика, диспут, дебаты	Оценочные средства, позволяющие включить обучающихся в процесс обсуждения спорного вопроса, проблемы и оценить их умение аргументировать собственную точку зрения.	Перечень дискуссионных тем для проведения круглого стола, дискуссии, полемики, диспута, дебатов

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал) федерального  
государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»  
Направление подготовки: 18.04.01 Химическая технология  
Профиль подготовки: «Процессы и технологии глубокой переработки нефти»

**Перечень вопросов на зачет**  
по дисциплине Б1.В.05 «Современные технологии и оборудование переработки нефти и  
попутного газа»

Способы добычи, методы добычи нефти и газа  
Транспортировка, очистка от механических примесей, обезвоживание и обессоливание нефти  
Атмосферная и вакуумная перегонка нефти  
GTL-технологии. Каталитические методы подготовки и переработки ПНГ

**Критерии оценки:**

Оценка «отлично» или 36-40 баллов – ответы на вопросы свидетельствуют об уверенных знаниях и умениях студента.

Оценка «хорошо» или 32-35 баллов – ответы на вопросы свидетельствуют о достаточных знаниях и умениях студента.

Оценка «удовлетворительно» или 25-31 баллов – ответы на вопросы свидетельствуют о недостаточных знаниях и ограниченном умении студента.

Оценка «неудовлетворительно» или 0-24 баллов – ответы на вопросы свидетельствуют о слабых знаниях и неумении студента.

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) федерального  
государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»  
Направление подготовки: 18.04.01 Химическая технология  
Профиль подготовки: «Процессы и технологии глубокой переработки нефти»

**Перечень вопросов на экзамен**  
по дисциплине Б1.В.05 «Современные технологии и оборудование переработки нефти и  
попутного газа»

Очистка газов от механических примесей  
Осушка газа  
Очистка от химических примесей  
Разделение газов методами ректификации и абсорбции  
Новые технологии переработки попутного газа. Конверсия ПНГ в синтез-газ

**Критерии оценки:**

Оценка «отлично» или 36-40 баллов – ответы на вопросы свидетельствуют об уверенных знаниях и умениях студента.

Оценка «хорошо» или 32-35 баллов – ответы на вопросы свидетельствуют о достаточных знаниях и умениях студента.

Оценка «удовлетворительно» или 25-31 баллов – ответы на вопросы свидетельствуют о недостаточных знаниях и ограниченном умении студента.

Оценка «неудовлетворительно» или 0-24 баллов – ответы на вопросы свидетельствуют о слабых знаниях и неумении студента.

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал) федерального  
государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»  
Технологический факультет

**Содержание коллоквиумов**  
по дисциплине Б1.В.05 «Современные технологии и оборудование переработки нефти и  
попутного газа»

Коллоквиум №1 «Переработка нефти»

Способы добычи, методы добычи нефти и газа  
Транспортировка, очистка от механических примесей, обезвоживание и обессоливание нефти  
Атмосферная и вакуумная перегонка нефти

Коллоквиум 2 «Переработка природного газа»

Очистка газов от механических примесей  
Осушка газа  
Очистка от химических примесей  
Разделение газов методами ректификации и абсорбции

**Критерии оценки:**

Максимально 15 баллов (за 1 коллоквиум) - за полный, развернутый ответ на поставленные вопросы.

Минимально 9 баллов (за 1 коллоквиум) – за неполный ответ с допущением грубых ошибок при определении сущности раскрываемых понятий, теорий, явлений

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал) федерального  
государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»  
Технологический факультет

**Содержание лабораторных работ**  
по дисциплине Б1.В.05 «Современные технологии и оборудование переработки нефти и  
попутного газа»

**Лабораторная работа №1 «Первичная переработка нефти»**

**Цель работы:**

*Определить количество воды, плотность и вязкость сырой нефти.*

**1. Определение воды в нефти и нефтепродуктах методом Дина-Старка**

Метод Дина и Старка Метод Дина и Старка распространенный, точный метод определения количественного содержания воды в нефтях и нефтепродуктах. Он основан на азеотропной перегонке пробы нефти или нефтепродукта с растворителями. Прибор Дина и Старка изображен на рис. 1. (Внимание! Опыт необходимо выполнять в вытяжном шкафу!)

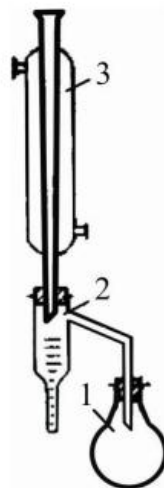


Рисунок 1 - Прибор Дина и Старка: 1 – круглодонная колба; 2 – насадка Дина–Старка; 3 – холодильник

**Подготовка к анализу.**

Пробу нефти или нефтепродукта тщательно встряхните в течение 5 минут. Мерным цилиндром в чистую и сухую, предварительно взвешенную стеклянную колбу 1 (рис. 1) поместите 3 мл нефти или нефтепродукта и добавьте 5 мл растворителя (толуола). Колбу при помощи шлифа присоедините к отводной трубке 2, а к верхней части приемника-ловушки на шлифе присоедините холодильник 3. Во избежание конденсации паров воды из воздуха верхний конец холодильника закройте ватой.

**Проведение анализа.**

Содержимое колбы 1 (нефть или нефтепродукт) нагрейте с помощью нагревателя колб или на электрической плитке. Для равномерного кипения перед началом нагревания в колбу поместите несколько кипелок. Перегонку необходимо проводить так, чтобы из трубки холодильника в приемник-ловушку падали 2–4 капли воды в секунду. Нагрев необходимо прекратить после того, как объем воды в приемнике-ловушке (насадке Дина-Старка) перестанет увеличиваться и верхний слой растворителя приобретет прозрачную окраску. Продолжительность перегонки должна быть не менее 30 мин и не более 60 мин.

Если на стенках трубки холодильника присутствуют капельки воды, то их необходимо столкнуть в приемник-ловушку стеклянной палочкой. После охлаждения испытуемого продукта до комнатной температуры прибор необходимо разобрать. Если количество воды в приемнике-ловушке не более 0,3 мл и растворитель мутный, то приемник-ловушку помещают на 20-30 мин в горячую воду для осветления и снова охлаждают до комнатной температуры. После охлаждения приёмника-ловушки определите объем воды в нем с точностью до одного верхнего деления.

Объемную долю воды  $X$ , %, рассчитайте 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 следовыми количествами.

По полученному результату сделать выводы.

## 2. Определение плотности нефти.

Плотность является одной из характеристик, дающий возможность в совокупности с другими константами судить о фракционном и химическом составе данного нефтепродукта. Плотность всегда зависит от температуры, при которой ее определяют. При возрастании температуры плотность уменьшается. Плотность нефтепродукта принято определять при температуре 20°C и относить к плотности воды при 40°C, принятой за единицу.

Относительная плотность нефтепродукта обозначается  $\rho_{\frac{20}{4}}$ , где верхняя цифра показывает температуру нефтепродукта, нижняя – температуру воды.

Плотность нефтепродуктов может изменяться в результате испарения наиболее легких фракций или смешения разных продуктов.

### Оборудование.

Ареометры общего назначения АОН-1, цилиндр на 100 мл, термометры ртутные стеклянные лабораторные.

### Проведение испытания.

Помещают образец, температура которого соответствует температуре проведения испытания, в чистый цилиндр для ареометра с установившейся температурой, избегая разбрызгивания нефтепродукта и попадания пузырьков воздуха, а также сводя к минимуму испарение компонентов летучих продуктов, имеющих более низкую температуру кипения.

Удаляют пузырьки, собравшиеся на поверхности образца, прикасаясь к ним чистой фильтровальной бумагой.

Помещают цилиндр с образцом в вертикальном положении в месте, где нет циркуляции воздуха и в котором температура окружающей среды в процессе проведения испытания не изменяется более чем на 2 °С. Если испытание проводят при температурах, отличающихся от температуры окружающей среды более чем на 2 °С, необходимо использовать термостат для исключения чрезмерных изменений температуры.

Погружают ареометр в жидкость и освобождают его, чтобы он пришел в равновесие. Избегают смачивания стержня ареометра на участке выше уровня, на котором он свободно плавает. Наблюдают за формой мениска, когда ареометр в результате надавливания опускается на 1 или 2 мм ниже уровня равновесия, а затем возвращается в исходное равновесное положение. Если форма мениска изменяется, чистят стержень ареометра. Повторяют эти действия до тех пор, пока форма мениска не будет оставаться постоянной.

При испытаниях непрозрачных вязких жидкостей обеспечивают медленное погружение ареометра в жидкость.

При испытаниях прозрачных маловязких жидкостей надавливают на ареометр так, чтобы он погрузился в жидкость приблизительно на два деления, а затем отпускают его.

Верхняя часть стержня ареометра, находящаяся выше уровня жидкости, должна быть сухой, поскольку наличие на ней жидкости влияет на считываемые показания.

Ареометр приводят в медленное вращение так, чтобы он свободно плавал вдали от стенок цилиндра. Следует подождать, пока ареометр примет состояние покоя, а все образовавшиеся пузырьки воздуха выйдут на поверхность. Удаляют пузырьки с поверхности перед считыванием показаний.

Когда ареометр останавливается, свободно плавая вдали от стенок цилиндра, считывают его показание на шкале, округляя последнее до ближайшей 1/5 деления шкалы.

При испытаниях прозрачных жидкостей записывают показание ареометра в том месте его шкалы, где основная поверхность жидкости пересекает шкалу, располагая уровень глаз несколько ниже уровня жидкости и медленно поднимая его, пока поверхность, сначала видимая как деформированный эллипс, не станет прямой линией, пересекающей шкалу ареометра.

При испытаниях непрозрачных жидкостей снимают показания в том месте шкалы ареометра, до которого поднимается поверхность испытуемого образца, при этом уровень глаз должен находиться несколько выше плоскости поверхности жидкости.

Сразу же после считывания показаний шкалы ареометра осторожно вынимают его из жидкости и перемешивают образец в вертикальном направлении термометром. Записывают значение температуры испытуемого образца, округляя его до 0,1 °С. Если эта температура отличается от температуры, считанной в начале испытаний, более чем на 0,5 °С, повторяют измерения ареометром, а затем термометром до тех пор, пока температура не станет стабильной в пределах  $\pm 0,5$  °С. Если температура не становится стабильной, помещают цилиндр для ареометра и его содержимое в термостат и последовательно повторяют все действия.

В нефтеперерабатывающей промышленности наиболее широко используется величина API (плотность, выраженная в единицах Американского института нефти). Плотность API, измеряется в градусах и находится по формуле:

$$API = \frac{141,5}{\text{относительная плотность}} - 131,5$$

### Обработка результатов эксперимента

Обработка экспериментальных данных производится, исходя из отчета ареометра при температуре 25<sup>0</sup>С равен 0,795. Этому показанию по таблице соответствует температурная поправка на 1<sup>0</sup>С, равная 0,000778, т.е.

$$\rho_{20}^{\frac{20}{4}} = 0,795 + 0,000778 (25 - 20) = 0,7988$$

Результаты опытов записываем в таблицу 2.

Таблица 2

Испытуемый нефте-продукт	Плотность по ГОСТ 3900 85, кг/м <sup>3</sup>			Плотность по API, <sup>0</sup>		
	Опыт 1	Опыт 2	Ср.2-х опытов	Опыт1	Опыт 2	Ср.2-х опытов
Бензин						
Керосин						
Дизельное топливо						

По полученным результатам сделать выводы.

### 3. Определение вязкости.

Вязкостью называется свойство жидкости сопротивляться перемещению ее частиц под воздействием приложенной силы.

Вязкость является основным показателем качества, характеризующим эксплуатационные свойства топлив и масел. От вязкости масел зависит уменьшение износа трущихся деталей, потерь энергии на трение, уплотнение поршней в цилиндрах двигателя, скорость перемещения деталей, несущая способность подшипников.

От правильного выбора вязкости нефтепродукта для определенных конкретных условий во многом зависит надежность и экономичность работы машин и механизмов.

Различают вязкости абсолютные (динамическую, кинематическую) и условную.

Динамической вязкостью (или коэффициентом динамической вязкости) называется сила сопротивления двух слоев жидкости площадью 1 см<sup>2</sup>, находящихся на расстоянии 1 см друг от друга и перемещающихся один относительно другого со скоростью 1 см/сек.

За единицу динамической вязкости принят пуаз; на практике обычно пользуются той частью пуаза, называется сантипуазом.

Определение динамической вязкости заключается в установлении времени истечения под постоянным давлением определенного объема (равного объему шарика вискозиметра) испытуемого нефтепродукта через капиллярную трубку вискозиметра, для которого заранее установлена его постоянная.

Кинематическая вязкость представляет собой отношение динамической вязкости к плотности жидкости при той же температуре.

За единицу кинематической вязкости принят стокс; на практике пользуются сотой частью стокса, называемой сантистоксом.

Определение кинематической вязкости заключается в установлении времени истечения определенного объема (равного объему шарика вискозиметра) испытуемого нефтепродукта через капиллярную трубку вискозиметра Пинкевича, для которого заранее установлена его постоянная.

Кинематическую вязкость  $\nu$  испытуемого нефтепродукта в сантистоксах вычисляют по формуле

$$\nu = Ct_1,$$

где  $C$  – постоянная вискозиметра;

$t_1$  – среднее арифметическое учитываемых отсчетов истечения испытуемого нефтепродукта в сек.

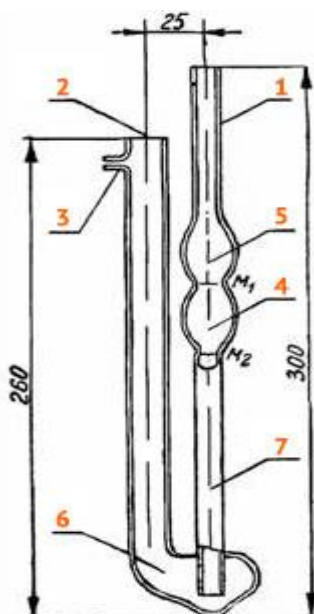


Рисунок 2 – Вискозиметр ВПЖ-2

### Устройство и принцип работы вискозиметра ВПЖ-2

Вискозиметр капиллярный ВПЖ-2 - прибор в виде U-образной трубки, колено (1) спаяно с капилляром (7). Измерение вязкости вискозиметром основано на определении времени, за которое определенный объем жидкости истечет через капилляр.

#### Порядок работы.

Для определения времени течения на отводную трубку (3) надевают резиновую трубку. Потом, зажав колено (2) вискозиметр переворачивают и погружают колено (1) в резервуар с жидкостью. Жидкость засасывают (при помощи груши либо насоса) до отметки  $M_2$ , при этом в жидкости не должны образовываться пузырьки воздуха. В момент, когда жидкость достигает отметки  $M_2$ , прибор вынимают из сосуда и сразу же переворачивают в исходное положение. Снимают с колена (1) лишнюю жидкость и надевают на него резиновую трубку. Затем вискозиметр помещают в термостат таким образом, чтобы расширение (5) находилось ниже, чем уровень жидкости в термостате. Выдерживают в термостате больше 15 минут при заданной температуре и потом засасывают жидкость в колено до уровня одной трети расширения (5). Сообщают колено (1) с атмосферой и устанавливают время снижения уровня мениска от отметки  $M_1$  до отметки  $M_2$ .

Устанавливают температуру в термостате  $(40,00 \pm 0,01) ^\circ\text{C}$ . Дополнительно

Рассчитывают кинематическую вязкость ( $\nu_i$ ,  $\text{мм}^2/\text{с}$ ) по формуле:

$$\nu_i = \tau_i \times K,$$

где  $K$  – установленная постоянная капилляра вискозиметра,  $\text{мм}^2/\text{с}^2$ .

Проводят два измерения кинематической вязкости. Вычисляют размах результатов  $CR_{0,95}(2)$ , %, по формуле:

$$CR_{0,95}(2) = \frac{\nu_{\max} - \nu_{\min}}{\nu_{\max}} 100,$$

где  $\nu_{\max}$  – наибольший результат измерений кинематической вязкости,  $\text{мм}^2/\text{с}$ ;

$\nu_{\min}$  – наименьший результат измерений кинематической вязкости,  $\text{мм}^2/\text{с}$ .

Если  $r$  больше значения критического диапазона  $CR_{0,95}(2) = 0,1$  %, повторно проводят два измерения, вычисляют  $r$ , которое не должно превышать  $CR_{0,95}$ . В противном случае устанавливаются и устраняются причины разброса результатов и снова повторяют измерения кинематической вязкости. За результат измерений кинематической вязкости принимают среднеарифметическое значение.

Результаты представить в виде таблицы:

i	$\tau_i$	$v_i$

По полученным результатам сделать выводы.

### Определение фракционного состава

#### Цель работы:

*Получение показателей для построения кривых перегонки (ИТК) отдельных фракций нефти.*

Фракционным составом топлива называется процентное содержание в нем фракций, выкипающих при определенных температурах.

Фракционный состав топлив имеет очень важное эксплуатационное значение, так как оказывает большое влияние на полноту их сгорания, запуск двигателя, время перегрева, образования паровых пробок и обледенений в карбюраторе, расход топлива, мощность двигателя.

Топливо для воздушно-реактивных двигателей должно быть утяжеленного фракционного состава (порядка 150-280°C) для обеспечения надежной работы системы подачи топлива на больших высотах без образования паровых пробок. Вместе с тем топливо должно отличаться хорошей испаряемостью в камере сгорания и полнотой сгорания.

Фракционный состав дизельного топлива также оказывает большое влияние на скорость его испарения и образование смеси с воздухом после впрыска. Однако облегчение фракционного состава ухудшает воспламенительные свойства дизельного топлива. Фракционный состав топлива, и в первую очередь бензинов, в процессе их транспортирования к хранения может изменяться за счет испарения легких фракций.

Фракционный состав определяется путем перегонки (дистилляции) при атмосферном давлении по ГОСТ 2177-82 и оценивается температурами: начала перегонки, перегонки 10%, перегонки 50%, перегонки 90% и конца кипения.

Чем ниже температура н.к. и температура при перегонки 10%, тем легче запуск двигателя, т.к. большее количество бензина будет попадать в цилиндры в паровой фазе.

Чем ниже температура при перегонки 50%, тем выше скорость подогрева двигателя. Температура к.к. и температура при перегонке 90% характеризует полноту испарения топлива. При высоких значениях этих температур бензин не успевает полностью испариться в двигателе и поступает в цилиндры в жидком виде. В результате с трущихся поверхностей смывается смазка, усиливается износ двигателя.

#### Описание лабораторной установки

Стандартный аппарат для определения фракционного состава (рис.3) состоит из следующих деталей:

колба I для перегонки вместимостью 125 см<sup>3</sup> из термостойкого стекла;

цилиндр мерный 7 вместимостью 100 см<sup>3</sup>, с ценой деления 1 см<sup>3</sup>;

цилиндр вместимостью 10 см<sup>3</sup>, с ценой деления 0,1 см<sup>3</sup>;

стакан 10 для охлаждения цилиндра;

термометр 2 стеклянный ртутный со шкалой от 0 до 360°C с ценой деления 1°C;

кожух 9;

ванна холодильника 5;  
газовая горелка или электрический нагреватель;  
асбестовая прокладка.

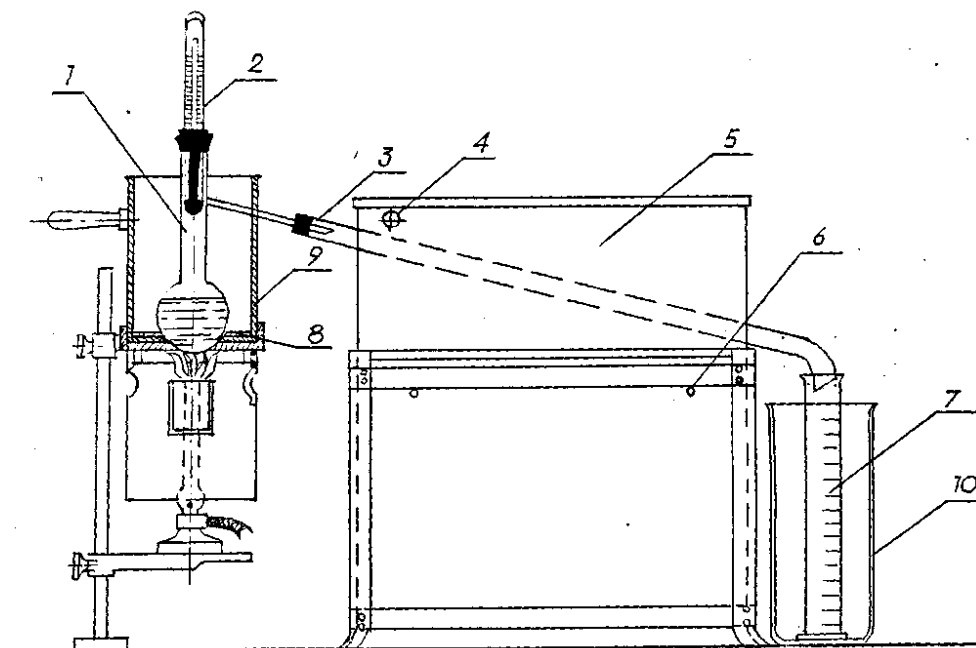


Рисунок 1 - Стандартный аппарат для определения фракционного состава:

1-колба; 2-термометр; 3-трубка холодильника; 4,6 патрубки для ввода и вывода воды; 5-ванна холодильника; 7 мерный цилиндр; 8-асбестовая прокладка; 9-кожух; 10-стакан

Сущность метода заключается в перегонке 100 см<sup>3</sup> испытуемого нефтепродукта при условиях, предусмотренных стандартом.

При оценке испаряемости различных топлив определяются, за небольшим исключением, одинаковые характерные точки фракционного состава: температура начала перегонки, температура перегонки 10, 50, 90% и конечная температура перегонки.

Определение фракционного состава проводится при атмосферном давлении с помощью специального аппарата. Разделительная способность этого аппарата очень невелика, поэтому результаты разгонки в значительной мере зависят от размеров отдельных частей прибора, качества его сборки и от условий самой перегонки. Для получения удовлетворительной сходимости результатов применяют стандартную аппаратуру и строго соблюдают методику определения.

#### Метод проведения эксперимента

Пробы нефтепродуктов, содержащие воду, для испытания непригодны. Нефтепродукты с температурой начала кипения ниже 66°C, содержащие влагу, не обезвоживают. Для проведения испытания берут другую пробу, в которой отсутствует взвешенная вода.

Нефтепродукты с температурой начала кипения 66°C и выше, содержащее влагу, обезвоживают встряхиванием с безводным сульфатом натрия или другим соответствующим обезвоживающим реагентом и отделяют пробу от осушителя декантацией. Пробу бензинов предварительно охлаждают до температуры от 13 до 18°C, авиационных керосинов и дизельного топлива - от 13°C до температуры окружающей среды. Заполняют ванну холодильника так, чтобы его трубка была покрыта охлаждающим агентом (колотый лед, вода,

лед с солью и др.). Температура охлаждающей бани должна быть от 0 до 4°C для бензинов и от 0 до 60°C для авиационных керосинов и дизельного топлива. Отмеряют 100 см<sup>3</sup> пробы мерным цилиндром и переносят её в колбу для перегонки, соблюдая меры предосторожности для того, чтобы жидкость не попала в пароотводную трубку. Температура мерного цилиндра должна быть от 13 до 18°C для бензинов, и от 13°C до температуры окружающей среды - для авиационных керосинов и дизельного топлива, а температура колбы и термометра - от 13 до 18°C для бензинов, и не выше температуры окружающей среды - для авиакеросинов и дизтоплив. Термометр с плотно прилегающей пробкой устанавливают в горловину колбы так, чтобы шарик термометра располагался по центру горловины и нижний конец капилляра находился на уровне самой высокой точки нижней внутренней стенки пароотводной трубки.

Колбу с пробой устанавливают на подставку и соединяют с трубкой холодильника при помощи пробки, через которую проходит пароотводная трубка. Колбу устанавливают в вертикальном положении, при этом пароотводная трубка входит в трубку холодильника на расстояние 25-50 мм. Мерный цилиндр, в котором измеряли пробу для испытания, без высушивания помещают в баню (стакан 10) и ставят под нижний конец трубки холодильника так, чтобы конец трубки был опущен по центру цилиндра на 25 мм, но не ниже отметки 100 см<sup>3</sup>. Температура среды, окружающей мерный цилиндр, должна быть для бензинов от 13 до 18°C, для авиационных керосинов и дизельного топлива - на 3°C выше температуры пробы, подготовленной для перегонки.

Уровень жидкости в бане для цилиндра поддерживают до отметки не менее 100 см<sup>2</sup>. Цилиндр накрывают куском фильтровальной бумаги или аналогичным материалом, который должен плотно прилегать к трубке холодильника. После подготовки аппарата для перегонки записывают барометрическое давление и начинают равномерно нагревать колбу. Нагревают пробу в колбе для перегонки так, чтобы период времени между началом нагрева и температурой начала кипения составлял для бензинов от 5 до 10 мин, для авиационных керосинов и дизельного топлива от 5 до 15 мин. Температуру, при которой в мерный цилиндр падает первая капля, отмечают как температуру начала кипения и ставят цилиндр так, чтобы конденсат стекал по стенке. Регулируют нагрев так, чтобы скорость перегонки от 5%-ного отгона до получения 95 см<sup>3</sup> отгона была для всех групп топлив от 4 до 5 см<sup>3</sup>/мин. Записи результатов определения фракционного состава проводят в соответствии с техническими условиями на данный продукт. Записывают температуру начала кипения, температуру конца кипения, показания термометра при каждом кратном 10 %-ном отгоне в интервале от 10 до 90% включительно. Если при перегонке температура поднимается до 370°C или наблюдается разложение пробы, нагревание прекращают и по мере заполнения цилиндра конденсатом записывают его объем с интервалом 2 мин до тех пор, пока два последовательных измерения не дадут одинаковых результатов. Измеряют объем конденсата, записывают его значение как объем отгона (выхода). Если нормируется температура конца кипения, то нагрев ведут до тех пор, пока ртутный столбик термометра не остановится на некоторой высоте, а после этого начнет опускаться. Максимальную температуру, показанную термометром, записывают как температуру конца кипения. Время от образования 95 см<sup>3</sup> отгона до конца кипения должно быть от 3 до 5 мин. После охлаждения колбы содержимое выливают в конденсат, собранный в цилиндр, и дают стечь до тех пор, пока объем в мерном цилиндре не будет увеличиваться. Записывают этот объем как восстановленный общий объем. Допускается измерять объем охлажденного остатка в колбе, сливая его в ци-

цилиндр с ценой деления  $0,1 \text{ см}^3$ . За восстановленный общий объем принимают сумму значений установленного объема и выхода конденсата в процентах. Для вычисления объема потерь вычитают общий объем отгона из 100. Значения всех объемов в процентах записывают с погрешностью не более 0,5, показания термометра с погрешностью не более  $0,5^\circ\text{C}$ , а барометрическое давление с погрешностью не более  $0,05 \cdot 10^3 \text{ Па}$  (0,38 мм.рт.ст.). При давлении выше или ниже  $101,3 \cdot 10^3 \text{ Па}$  (760 мм.рт.ст.) вводят поправку на барометрическое давление к каждому показанию термометра. Поправку ( $C$ ) $^\circ\text{C}$  вычисляют по формулам (I) или (2) или используют данные табл. 5.

$$C = 0,00009 (101,3 \cdot 10^3 - P) (273 + t_0), \quad (I)$$

$$C = 0,00012 (760 - P_1) (273 + t_0), \quad (2)$$

где  $P$  - барометрическое давление во время испытания, Па;

$P_1$  - барометрическое давление во время испытания, мм.рт.ст.;

$t_0$  - наблюдаемые показания термометра,  $^\circ\text{C}$ .

Скорректированную температуру округляют до  $0,5^\circ\text{C}$ . После внесения в показания термометра поправок на барометрическое давление записывают температуры начала и конца кипения, остаток, остаток и потери; 10%-ный отгон (объемы отогнанного продукта) и соответствующие им температуры без дальнейших вычислений.

Результаты сводят в таблицу 1 (для каждого нефтепродукта отдельная таблица):

Таблица 1

$V, \text{мл}$	н.к	10	20	30	40	50	60	70	80	90	к.к
$T, ^\circ$											

Процентный отгон бензина составляет \_\_\_\_\_ %

Остаток \_\_\_\_\_ %

Потери \_\_\_\_\_ %

По полученным данным построить кривые истинных температур кипения (ИТК) и сделать выводы.

3 семестр

### Лабораторная работа №2 «Расчет колонных аппаратов»

Задание: Рассчитать ректификационную колонну по следующему плану:

1. Построение зависимости давления насыщенных паров от температуры.
2. Построение изобары комбинированной диаграммы и ху-диаграммы
3. Расчет однократного испарения бинарной смеси
4. Расчет материального баланса ректификационной колонны
5. Расчет теплового баланса ректификационной колонны
6. Расчет режима полного орошения
7. Расчет числа тарелок на комбинированной и ху-диаграммы
8. Расчет профиля концентраций и нагрузок по высоте колонны
9. Расчет фактического числа тарелок
10. Расчет диаметра колонны
11. Расчет высоты ректификационной колонны
12. Расчет конденсатора-холодильника
13. Расчет кипятильника
14. Расчет диаметра штуцеров

#### 14. Графическая схема колонны

	F,	Xf, %	Xp, %	Xw, %	вариант
Бензол-толуол	10	30	95	2	1
	15	35	97	1	2
	18	33	96	2	3
	20	34	94	3	4
	15	30	95	2	5
	20	33	96	2	6
	22	36	94	1	7
	24	37	95	2	8
	25	36	94	1	9
	26	35	96	1	10
	28	33	97	2	11
	30	30	95	3	12

#### Критерии оценки:

Максимально 15 баллов (за 1 лабораторную работу) - за полный, развернутый ответ на поставленные вопросы.

Минимально 9 баллов (за 1 лабораторную работу) – за неполный ответ с допущением грубых ошибок при определении сущности раскрываемых понятий, теорий, явлений