

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижнекамский 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

2023 г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

по дисциплине:

Б1.В.06 Технология нефти и газа

Направление подготовки:

18.03.01 «Химическая технология»

Профиль подготовки:

«Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов»

Квалификация:

бакалавр

Форма обучения:

заочная

Нижнекамск 2023

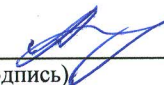
Составитель ФОС:  
старший преподаватель кафедры НХС  
(должность)

  
(подпись)

Г.Р. Хуснутдинова  
(Ф.И.О)

ФОС рассмотрен и одобрен на заседании кафедры Нефтехимического синтеза,  
протокол от 12.04.2023 г. № 8

Зав. кафедрой

  
(подпись)

Р.З.Агзамов  
(Ф.И.О)

Эксперт:

Ответственный за ООП, разработчик УП

Новожилова А.И., доцент кафедры Нефтехимического синтеза НХТИ  
ФГБОУ ВО «КНИТУ»

Ф.И.О., должность, организация, подпись

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

Компетенции:

ПК-4 Способен к оперативному управлению химико-технологическим объектом по производству природных энергоносителей и углеродных материалов

ПК-4.1 Знает химию и технологию переработки нефти и газа, основы экономики производства; нормативы расхода сырья, материалов, топлива, реагентов, стандарты, технические условия и другие руководящие материалы по разработке и оформлению технической документации; перспективы технического экономического развития производства; передовой отечественный и зарубежный опыт в области производства аналогичной продукции; правила промышленной безопасности, по охране труда и пожаробезопасности

ПК-4.2 Умеет читать проектную документацию; разрабатывать методические и нормативные материалы, техническую документацию, а также вносить предложения и мероприятия по осуществлению разработанных проектов и производственных программ; эффективно и безопасно эксплуатировать оборудование, здания и сооружения, закрепленные за производством; анализировать причины брака и выпуска продукции низкого качества, разрабатывать мероприятия по его предупреждению; проводить технико-экономическую оценку инженерных решений на основе расчета основных показателей экономической эффективности

ПК-4.3 Владеет навыками управления технологическим процессом; контроля соблюдения норм технологического режима, установленных регламентом, правил безопасности на технологическом объекте; контроля работы по повышению эффективности производства, сокращения норм расхода сырья, энергоресурсов, реагентов; проведения исследований и учет внеплановых остановок установок, оборудования, производственных неполадок; обеспечения своевременной и правильной координации работы технологического объекта в случаях аварийных ситуаций; методами оценки эффективности использования ресурсов предприятия для реализации технологических процессов и производства в целом; навыками сбора и обработки данных, необходимых для определения экономической эффективности

<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-4.1	<i>Тема 1-8</i>	<i>Тема 1-8</i>	<i>Тема 1-8</i>	<i>Тема 1-8</i>	<i>Контрольная работа, лабораторная работа №1,2, групповая дискуссия №1,2, практическая работа №1, зачет с оценкой, экзамен</i>
ПК-4.2	<i>Тема 1-8</i>	<i>Тема 1-8</i>	<i>Тема 1-8</i>	<i>Тема 1-8</i>	<i>Контрольная работа, лабораторная работа №1,2, групповая дискуссия №1,2, практическая работа №1, зачет с оценкой, экзамен</i>
ПК-4.3	<i>Тема 1-8</i>	<i>Тема 1-8</i>	<i>Тема 1-8</i>	<i>Тема 1-8</i>	<i>Контрольная работа, лабораторная работа №1,2, групповая дискуссия №1,2, практическая работа №1, зачет с оценкой, экзамен</i>

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

Оценивающие мероприятия	Кол-во	Баллы	
		min	max
8 семестр			
Выполнение практической работы	1	6	10
Выполнение лабораторных работ	2	9	16
Групповая дискуссия	2	3	4
Контрольная работа	1	18	30
Зачет с оценкой	1	24	40
ИТОГО		60	100
9 семестр			
Выполнение практической работы	1	6	10
Выполнение лабораторных работ	2	9	16
Групповая дискуссия	2	3	4
Контрольная работа	1	18	30
Экзамен	1	24	40
ИТОГО		60	100

Оценочные средства	Кол-во	Min, баллов	Max, баллов
Курсовая работа	1	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 средства

<i>№ п/п</i>	<i>Наименование оценочного средства</i>	<i>Краткая характеристика оценочного средства</i>	<i>Представление оценочного средства в фонде</i>
1.	Практическое занятие	В ходе практических работ студенты овладевают умениями пользоваться работать 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
2.	Групповая дискуссия	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
3.	Контрольная работа	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.	Комплект контрольных заданий по вариантам



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»  
Направление подготовки: 18.03.01 Химическая технология  
Профиль подготовки: «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных  
материалов»

**Лабораторные работы (8 семестр)**

по дисциплине «Технология нефти и газа»

Лабораторная работа №1 «Определение физико-химических свойств бензинов»

Цель работы:

1. Знакомство с нормативно-технической документацией по качеству бензинов (ГОСТами на показатели качества и методы их определения) (см. Приложение, табл. 1 и 2).
2. Оценка испытуемого образца бензина по внешним признакам (прозрачность, цвет, запах, наличие воды и видимых невооруженным глазом механических примесей, характер испарения капли с фильтровальной бумаги).
3. Проведение анализа на содержание в бензине водорастворимых кислот и щелочей.
4. Определение наличия в бензине олефинов.
5. Измерение плотности бензина ареометром.
6. Определение фракционного состава бензина разгонкой.

Работа производится в вытяжном шкафу!

Оборудование и реактивы: цилиндры емкостью 100 и 10 см<sup>3</sup>, фильтровальная бумага, делительная воронка, ареометр, набор пробирок, пипетки, термометр, стеклянная палочка, колба Вюрца, нисходящий холодильник, колбонагреватель, образец бензина, перманганат калия (0,1 М водный раствор), метиловый - оранжевый (0,02% - ный водный раствор), фенолфталеин (1 % - ный спиртовой раствор), индикаторная паста ИСВ-ПР.

1. Оценка бензина по внешним признакам

Неэтилированные бензины, как правило, бесцветны. Иногда они имеют желтоватый оттенок из-за наличия смолистых веществ. Этилированные бензины специально окрашивают (в ярко-желтый или оранжево-красный цвет), так как входящий в их состав тетраэтилсвинец ядовит.

Для определения прозрачности бензина используют стеклянный цилиндр. Невооруженным глазом не должно быть обнаружено механических взвешенных и осевших на дно цилиндра посторонних примесей и воды. Мутность бензина при комнатной температуре обычно обусловлена наличием в нем воды в виде эмульсии или механических примесей. Такой бензин перед применением необходимо подвергнуть отстою и фильтрации. Наличие воды в бензине особенно опасно в зимнее время, когда образующиеся кристаллы льда нарушают дозировку топлива и даже могут вызывать полное прекращение его подачи. Кроме того, при наличии воды увеличивается коррозионное действие топлива, усиливаются процессы окисления.

Механические примеси могут попадать в топливо при использовании грязной тары и загрязненного заправочного оборудования. Применение топлива, содержащего механические примеси, вызывает засорение топливодозирующей системы, износ топливной аппаратуры, а при попадании в цилиндры двигателя — износ цилиндропоршневой группы. В бензинах не допускается присутствие даже мельчайших механических примесей.

Бензины имеют наиболее легкий фракционный состав по сравнению с другими нефтепродуктами. Для определения испаряемости каплю испытуемого бензина наносят на фильтровальную бумагу и наблюдают характер испарения. Зимние автомобильные бензины полностью испаряются за 1 мин, не оставляя никакого следа. Летние автомобильные бензины испаряются медленнее, на бумаге сохраняется не полностью высохшее пятно.

Для проведения анализа испытуемый бензин налейте в стеклянный цилиндр, визуально определите наличие или отсутствие взвешенных или осевших на дно твердых частиц, водного слоя на дне цилиндра и характерной мути. Оценка наличия воды в бензине также осуществляется с использованием индикаторной пасты ИСВ-ПР. На стеклянную палочку нанесите небольшое количество индикаторной пасты, опустите палочку в испытуемый образец бензина. Изменение цвета индикаторной пасты с желтого на красный свидетельствует о наличии воды в бензине. Результаты наблюдений запишите в отчет.

2. Определение содержания в бензине водорастворимых кислот и щелочей (ГОСТ 6307-75)

Из-за нарушения технологии очистки бензина в нем могут присутствовать водорастворимые кислоты и щелочи. Например, после очистки бензина при неполной нейтрализации серной кислоты щелочью не исключено наличие остатков как самой кислоты, так и ее производных — сульфокислот и кислых эфиров. Для удаления щелочи после нейтрализации серной кислоты бензин промывают водой. Щелочь попадает в топливо при плохой промывке в процессе очистки. Другие водорастворимые кислоты и щелочи могут оказаться в топливе случайно.

Присутствие в бензине водорастворимых кислот и щелочей вызывает интенсивное изнашивание деталей двигателя (коррозия металлов), поэтому ГОСТы предусматривают их полное отсутствие.

Минеральные кислоты и щелочи, находящиеся в горюче-смазочных материалах, являются одной из причин, вызывающих коррозию деталей двигателя, а также металлической тары и емкостей. Поэтому бензины, содержащие водорастворимые кислоты и щелочи, к эксплуатации непригодны.

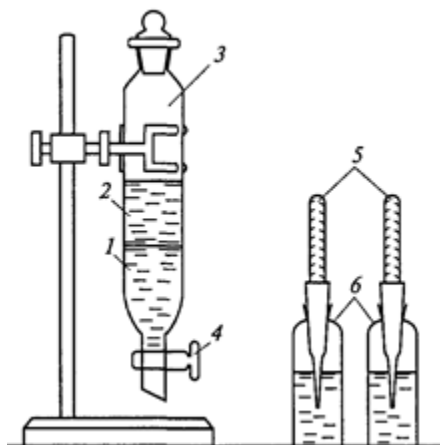


Рис. 1. Определение содержания в бензине водорастворимых кислот и щелочей:

1 — водная вытяжка; 2 — бензин; 3 — делительная воронка; 4 — кран; 5 — пипетки; 6 — пробирки

Для определения содержания в бензине водорастворимых кислот и щелочей образец бензина тщательно перемешайте встряхиванием в бутылке, затем налейте в делительную воронку 3 (рис. 1.) 10 мл испытуемого бензина и добавьте такое же количество дистиллированной воды. Воронку закройте пробкой, снимите со штатива и перемешайте содержимое встряхиванием в течение 5 мин. После этого воронку укрепите на штативе, дайте смеси отстояться, затем водную вытяжку 1, находящуюся внизу делительной воронки, слейте с помощью крана 4 в две пробирки 6.

В одну из пробирок добавьте одну-две капли раствора метилоранжа, в другую — одну-две капли раствора фенолфталеина. При наличии в бензине водорастворимых кислот водная вытяжка в пробирке окрасится в красный цвет, а при их отсутствии — в желто-оранжевый.

При наличии в бензине щелочей водная вытяжка окрасится в малиновый цвет, а при их отсутствии — останется бесцветной или слегка побелеет. Полученные результаты необходимо сравнить с данными табл. 1.1. Полученные результаты запишите в отчет.

1.1. Полученные результаты запишите в отчет.

Таблица 1. Цвет индикаторов в различных средах.

Среда	Метилоранж	Фенолфталеин
Щелочная	Желтый	Малиновый
Нейтральная	Оранжевый	Бесцветный
Кислая	Красный	Бесцветный

Бензин может быть допущен к применению только при условии, что его водная вытяжка остается нейтральной. Если водная вытяжка кислая или щелочная, то испытуемый бензин бракуют. Результаты наблюдений запишите в отчет.

### 3. Определение наличия олефинов в бензине

Олефинами называются непредельные углеводороды, содержащие в молекулах двойные углерод-углеродные связи.

Бензины для двигателей, имеющие в своем составе продукты термического крекинга, могут содержать значительное количество олефинов, способных во время транспортирования и хранения превращаться вследствие окислительно-полимеризационных процессов в смолы, чрезмерно высокая концентрация которых негативно отражается на работе двигателей. В связи с этим возникает необходимость качественной оценки в эксплуатационных условиях способности бензинов к самопроизвольному осмолению.

Олефины легко окисляются, восстанавливая соприкасающиеся с ними окислители. Для выполнения анализа испытуемый бензин налейте в градуированную пробирку до уровня 30... 40 мм и добавьте примерно такое же количество водного раствора перманганата калия. Пробирку закройте пробкой, интенсивно встряхните смесь в течение 10... 15 с, а затем дайте смеси отстояться. Если после отстаивания жидкость в нижней части пробирки имеет малиново-фиолетовую окраску, то это свидетельствует об отсутствии в бензине олефинов.

Обесцвечивание водного слоя или изменение малиново-фиолетовой окраски на желтую или коричневую является признаком наличия олефинов в испытуемом бензине. Результаты наблюдений запишите в отчет.

### 4. Определение плотности бензина (ГОСТ3900-85)

Плотность принадлежит к числу обязательных показателей, включаемых в паспорт на топлива двигателей.

Система учета и отчетности, а также расчеты при составлении заявок на снабжение должны предусматривать пересчет количества бензина из массовых единиц в объемные и обратно. Кроме того, контроль наличия и остатков в емкостях автомобильных заправочных станций (АЗС) также невозможен без четко налаженного пересчета массовых единиц измерения в объемные.

Для пересчета количества бензина из объемных единиц в массовые достаточно умножить объемное количество бензина, замеренное при определенной температуре, на плотность бензина при той же температуре:

$$C_6 = V_6 \gamma$$

где  $C_6$  — количество бензина в массовых единицах, кг;  $V_6$  — количество бензина в объемных единицах при определенной температуре, л;  $\gamma$  — плотность бензина при той же температуре, г/см<sup>3</sup>.

Наиболее простым и удобным является определение плотности нефтепродуктов ареометром (ГОСТ 3900-85). Для определения плотности бензина стеклянный цилиндр установите на ровной поверхности и по стеклянной палочке осторожно налейте в него бензин. Температура бензина не должна отклоняться от температуры окружающей среды более чем на 5 °С.

Далее чистый и сухой ареометр (нефтеденсиметр) с ценой деления 0,0005 г/см<sup>3</sup> (рис. 2) медленно погрузите в бензин до момента его всплытия. Отсчет производите по верхнему краю мениска с точностью до третьего знака. При этом глаз должен находиться на уровне поверхности бензина. Температуру бензина определите термометром. Плотность бензина принято указывать при температуре +20 °С. Если температура бензина в момент определения его плотности отличалась от указанной, следует ввести температурную поправку  $g$  (табл. 2).

Плотность бензина определяется по формуле:  $\gamma_{20} = \gamma_t + g(t - 20)$ ,

где  $\gamma_{20}$  — плотность бензина при температуре +20 °С, г/см<sup>3</sup>;  $\gamma_t$  — плотность бензина при температуре замера, г/см<sup>3</sup>;  $g$  — температурная поправка, г/(см<sup>3</sup>×°С);  $t$  — температура бензина в момент замера, °С.

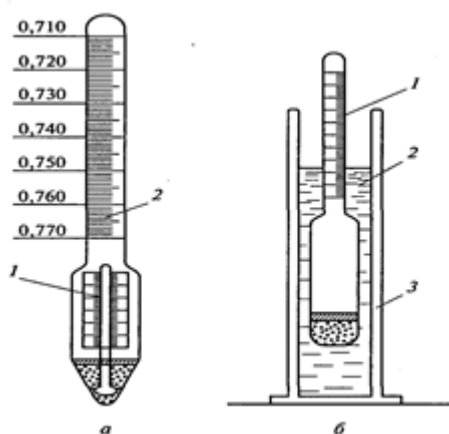


Рис. 2. Определение плотности бензина:

а — ареометром: 1 — шкала термометра; 2 — шкала плотности (г/см<sup>3</sup>);

б — нефтеденсиметром: 1 — нефтеденсиметр; 2 — бензин; 3 — цилиндр

Таблица 2. Средние температурные поправки для определения плотности бензина

Замеренная плотность бензина $\gamma$ , г/см <sup>3</sup>	Температурная поправка $g$ , г/(см <sup>3</sup> ×°С)	Замеренная плотность бензина $\gamma$ , г/см <sup>3</sup>	Температурная поправка $g$ , г/(см <sup>3</sup> ×°С)
0,720...0,729	0,000870	0,820...0,829	0,000738
0,730...0,739	0,000857	0,830...0,839	0,000725
0,740...0,749	0,000844	0,840...0,849	0,000712
0,750...0,759	0,000831	0,850...0,859	0,000699
0,760...0,769	0,000818	0,860...0,869	0,000686
0,770...0,779	0,000805	0,870...0,879	0,000673
0,780...0,789	0,000792	0,880...0,889	0,000660
0,790...0,799	0,000778	0,890...0,899	0,000647
0,800...0,809	0,000765	0,900...0,909	0,000633
0,810...0,819	0,000752	0,910...0,919	0,000620

Результаты проведенного исследования необходимо занести в таблицу 1.3.

Плотность бензина стандартами не нормируется, по этому показателю можно только ориентировочно судить о его принадлежности к виду топлива: бензин, керосин, дизельное топливо и т.д. (см. Приложение, табл. 3), так как многие марки различных топлив имеют одинаковую плотность.

Таблица 3. Результаты определения плотности бензина

Показание нефтенсимера	Температура топлива, °C	Температурная поправка g, г/(см <sup>3</sup> ×°C)	Плотность топлива г при +20 °C, г/см <sup>3</sup>

## 5. Определение фракционного состава бензина (ГОСТ 2177-82)

Фракционный состав бензина определяет его важнейшие эксплуатационные свойства. Легкость пуска холодного двигателя, необходимая интенсивность подогрева впускного трубопровода, мощностные показатели, топливная экономичность, интенсивность изнашивания двигателя зависят от фракционного состава бензина.

В отличие от химически однородных веществ (например, вода, спирт, эфиры), имеющих постоянную температуру кипения, зависящую только от барометрического давления, бензин является сложной смесью углеводородов, кипящих при различных температурах. Поэтому для оценки испаряемости бензина определяют зависимость количества испарившегося бензина от температуры.

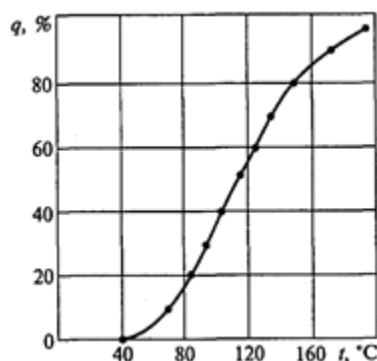


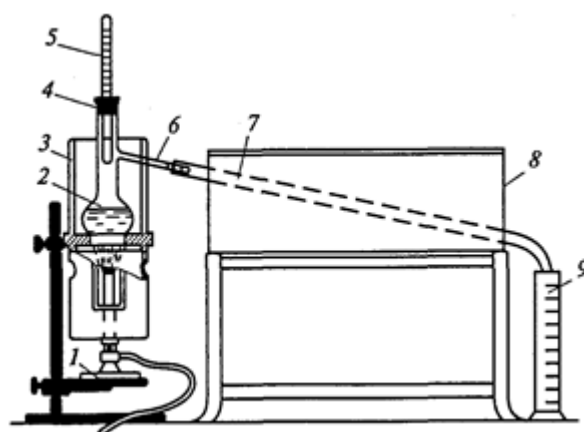
Рис. 3. Кривая перегонки бензина:

q — количество перегнанного топлива;

t — температура разгонки

Зависимость объема перегнанного топлива от температуры — кривая перегонки — дает наглядное представление о фракционном составе топлива (рис. 1.3). Для характеристики фракционного состава в стандартах указаны температуры, при которых перегоняется 10; 50 и 90% бензина, а также температуры начала ( $t_{н.п.}$ ) и конца ( $t_{к.п.}$ ) его перегонки.

По характерным точкам на кривой фракционного состава можно приблизительно судить о некоторых эксплуатационных качествах бензина. Например, температура перегонки 10 % бензина ( $t_{10\%}$ ) характеризует его пусковые свойства, в частности, возможность пуска двигателя при низких температурах воздуха. Температура перегонки 50 % бензина ( $t_{50\%}$ ) характеризует необходимую интенсивность прогрева впускного трубопровода, а также скорость прогрева двигателя и возможность более быстрого прекращения обогащения горючей смеси при пуске.



Температуры перегонки 90 % бензина ( $t_{90\%}$ ) и конца перегонки ( $t_{к.п.}$ ) достаточно полно характеризуют противоизносные свойства бензина, так как с повышением этих температур увеличивается количество тяжелых трудно испаряющихся фракций, попадающих в цилиндр в капельно-жидком состоянии и смывающих масляную пленку с зеркала цилиндров.

Рис. 1.4. Прибор для определения фракционного состава бензина:

1 — горелка (или колбонагреватель); 2 — колба Вюрца; 3 — кожух; 4 — пробка;

5 — термометр; 6 — отводная трубка; 7 — трубка для конденсата; 8 — холодильник

9 — стеклянный мерный цилиндр

Схема прибора для определения фракционного состава бензина показана на рис. 1.4. В колбу 2 вместимостью 125 мл, помещенную в кожух 3, налейте 100 мл бензина. Колбу подогрейте, регулируя температуру нагревания колбонагревателя (горелки) 1 так, чтобы первая капля бензина с момента начала перегонки попала в мерный цилиндр 9 не ранее чем через 5 мин и не позднее чем через 10 мин. По термометру 5, установленному при помощи уплотнительной пробки 4 в горловине колбы так, чтобы его ртутный шарик был на уровне отводной трубки 6, отметьте температуру падения в мерный цилиндр первой капли бензина, т. е. температуру начала перегонки бензина. В дальнейшем замеряйте температуру после каждых 10 мл бензина, поступающего в мерный цилиндр. При этом интенсивность нагревания колбы должна обеспечивать перегонку 4...5 мл бензина в течение минуты (20—25 капель за 10 с). Для конденсации паров бензина трубка 7 расположена в холодильнике 8, заполненном проточной водой.

Вычитая из количества бензина, залитого в колбу, количество бензина, находящегося в мерном цилиндре, и остаток в колбе, получают потери при перегонке. Результаты проведенного исследования занесите в таблицу и, используя их, постройте кривую перегонки (рис. 1.3.) и заполнить итоговые табл. 4. и 5.

Таблица 4. Результаты фракционной перегонки.

Фракционный состав, °C	Остатки бензина, %	Потери бензина, %								
t <sub>н.п.</sub>	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	t <sub>к.п.</sub>

Давление насыщенных паров характеризует испаряемость головных (пусковых) фракций бензинов и, прежде всего, их пусковые качества. Чем выше давление насыщенных паров бензина, тем легче он испаряется и тем быстрее происходит пуск и прогрев двигателя. Однако если бензин имеет слишком высокое давление насыщенных паров, то он может испаряться до смесительной камеры карбюратора. Это приведет к ухудшению наполнения цилиндров, возможному образованию «паровых пробок» в системе питания и снижению мощности, перебоям в работе двигателя и даже его остановке.

Для нестандартных бензинов необходимо сопоставить фактические отклонения от ГОСТа с допустимыми. Если фактические отклонения показателей не выходят за пределы допустимых, бензин применяют по прямому назначению. Допустимые отклонения от норм выбраны таким образом, чтобы не наблюдалось заметного снижения показателей надежности работы автомобиля. Бензины, не отвечающие техническим требованиям, могут быть использованы по прямому назначению после доведения их показателей до норм ГОСТа (например, смешением нестандартного бензина с другим бензином, имеющим запас качества по соответствующим показателям).

Решение о применении всех бензинов (как стандартных, так и нестандартных) принимают после обязательной эксплуатационной оценки их фракционного состава с помощью номограммы (рис. 1.5).

Легкость пуска карбюраторного двигателя непосредственно связана с наличием в бензине легких фракций. Чем больше в бензине низкокипящих углеводородов, тем лучше его пусковые свойства. Поэтому возможность легкого или затрудненного пуска двигателя связывают с испарением при перегонке первых 10 % бензина или с температурой перегонки 10 % бензина ( $t_{10\%}$ ).

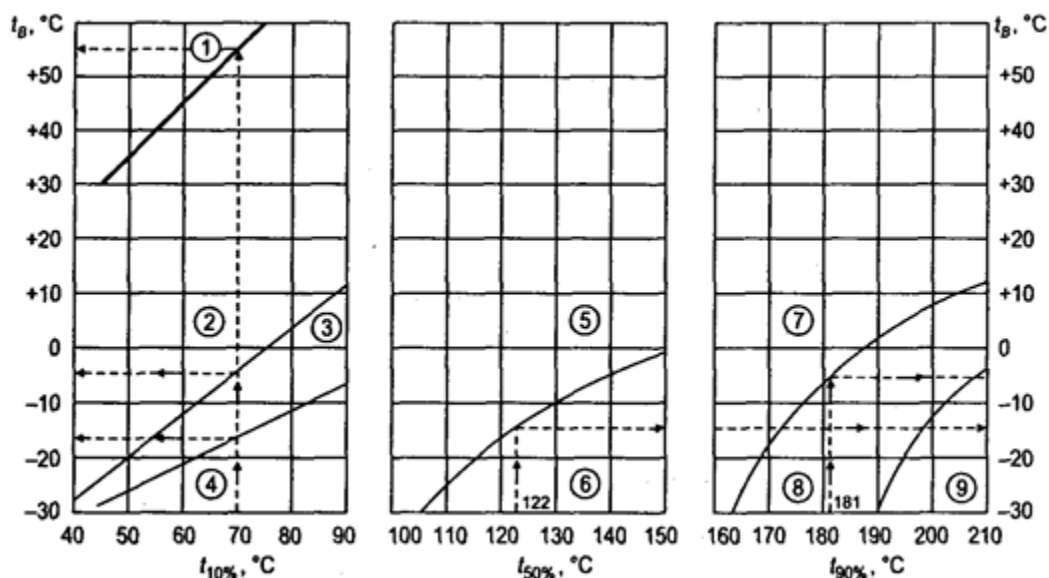


Рис. 5. Номограмма для эксплуатационной оценки бензинов по данным их разгонки. Области: 1 — возможного образования паровых пробок; 2 — легкого пуска двигателя;

3 — затрудненного пуска двигателя; 4 — практически невозможного пуска холодного двигателя; 5 — быстрого прогрева и хорошей приемистости; 6 — медленного прогрева и плохой приемистости; 7 — незначительного разжижения масла в картере; 8 — заметного разжижения масла в картере; 9 — интенсивного разжижения масла в картере

Для оценки пусковых свойств бензинов необходимо найти по номограмме два значения температуры наружного воздуха, являющиеся нижними границами легкого и затрудненного пуска двигателя. Практически этот вопрос решают следующим образом: на оси абсцисс отмечают точку, соответствующую  $t_{10\%}$  испытуемого бензина (для иллюстрации на номограмме  $t_{10\%}$  взята равной  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ); из нее восстанавливают перпендикуляр (вертикальная пунктирная прямая); из точки его пересечения с наклонными сплошными линиями (нижними границами областей, представленных на номограмме) проводят горизонтальную линию до пересечения с осью ординат и на ней читают ответ. В рассматриваемом примере легкий пуск холодного двигателя возможен при минимальной температуре наружного воздуха  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а затрудненный пуск — при  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Оцените бензин и сделайте заключение по форме табл. 5.

Таблица 5. Эксплуатационная оценка бензина по данным разгонки

Самая низкая температура наружного воздуха, $^{\circ}\text{C}$ , при которой возможно:	Температура
Образование паровых пробок	
Обеспечение легкого пуска двигателя	
Обеспечение затрудненного пуска двигателя	
Обеспечение быстрого прогрева и хорошей приемистости	
Незначительное разжижение масла в картере	
Заметное разжижение масла в картере	

6. Оценка анализируемого образца по паспортным данным.

Определение требуемого октанового числа

Оценка производится сравнением показателей качества по стандарту и паспорту качества образца.

Определение необходимого октанового числа для конкретного двигателя по условию бездетонационной работы можно производить по эмпирической формуле:

$$ОЧ = 125,4 - \frac{413}{\varepsilon} + 0,183D$$

где  $\varepsilon$  - степень сжатия двигателя;  $D$  - диаметр цилиндра, мм.

Справочные данные для двигателей:

1. МеМЗ-245 -  $\varepsilon=9,25$ ;  $D=72$  мм;
2. ВАЗ-2106 -  $\varepsilon=8,5$ ;  $D=79$  мм;
3. ВАЗ-2108 -  $\varepsilon=9,9$ ;  $D=76$  мм;
4. ВАЗ-21083 -  $\varepsilon=9,9$ ;  $D=82$  мм;
5. ЗМЗ-53-11 -  $\varepsilon=7,6$ ;  $D=92$  мм;
6. ЗИЛ-508.10 -  $\varepsilon=7,1$ ;  $D=100$  мм;

Октановое число бензина можно определить по результатам разгонки, используя эмпирическую

$$ОЧ_{\text{н}} = 120 - 2 \frac{t_{\text{ср}} - 58}{5\rho_{20}}; \quad t_{\text{ср}} = \frac{t_{\text{нп}} + t_{\text{кп}}}{2}$$

формулу:

где  $t_{\text{ср}}$  - средняя температура перегонки бензина,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_{\text{нп}}$  - температура начала перегонки бензина,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_{\text{кп}}$  - температура конца перегонки бензина,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$\rho_{20}$  - плотность бензина при  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , г/см<sup>3</sup>.

Сделайте заключение о пригодности анализируемого образца бензина к применению. Заполните таблицу 6 в соответствии с полученными экспериментальными данными.

Таблица 6. Соответствие основных показателей образца бензина требованиям ГОСТа.

Показатели	Значение показателей	Отклонения показателей от ГОСТа	
для испытуемого образца	по ГОСТу		
фактические	допустимые		
Октановое число			
Фракционный состав, $^{\circ}\text{C}$ :			
$t_{\text{н.п.}}$			-1

t <sub>10%</sub>			-5
t <sub>50%</sub>			+3
t <sub>90%</sub>			+3
t <sub>к.п.</sub>			+5
Остаток в колбе, %			0,3
Остаток в колбе + + потери, %			Не допускается

## Лабораторная работа №2 «Определение физико-химических свойств дизельных топлив»

### Цель работы:

1. Оценка испытуемого образца дизельного топлива по внешним признакам (прозрачность, цвет, запах, наличие воды и видимых невооруженным глазом механических примесей).
2. Определение кинематической вязкости испытуемого образца дизельного топлива при температуре +20 °С.
3. Определение плотности испытуемого образца дизельного топлива при температуре +20 °С.
4. Определение температуры помутнения и застывания.
5. Установление по имеющимся данным марки испытуемого образца топлива, его соответствия ГОСТу (или ТУ) и оформление заключения о пригодности данного образца топлива для двигателей автомобилей (см. Приложение, табл. 5 и 6).

*Работа производится в вытяжном шкафу!*

*Оборудование и реактивы:* цилиндр емкостью 100 см<sup>3</sup>, набор ареометров, термометр, термостат, резиновая трубка с грушей, секундомер, прибор для определения температуры помутнения топлива, охлаждающая смесь, образец дизельного топлива, серная кислота.

### 1. Оценка дизельного топлива по внешним признакам

При оценке дизельных топлив по внешним признакам используют методы, рассмотренные применительно к оценке бензинов в лабораторной работе № 1. Дополнительно необходимо отметить некоторые характерные особенности, относящиеся к цвету и запаху топлив.

Все дизельные топлива окрашены, что обусловлено наличием в них растворенных смол. В зависимости от природы и количества смол цвет топлива, определяемый в стеклянном цилиндре диаметром 40... 55 мм, изменяется от желтого до светло-коричневого. Чем меньше интенсивность окраски топлива, т.е. чем оно светлее, тем меньше в нем смолистых веществ и тем выше его качество.

В большинстве случаев дизельные топлива имеют не резко выраженный запах, типичный для многих нефтепродуктов (за исключением бензинов и керосинов). Зимние и особенно арктические сорта дизельных топлив мало отличаются по фракционному составу от керосинов, поэтому по запаху они могут быть схожи с керосинами.

После оценки испытуемого образца по внешним признакам необходимо сравнить его с имеющимися в лаборатории пробами стандартных дизельных топлив и дать предварительное заключение о его принадлежности к той или иной марке дизельного топлива.

### 2. Определение наличия механических примесей и воды

Определение наличия механических примесей и воды производится аналогично материалу, изложенному в лабораторной работе 1.

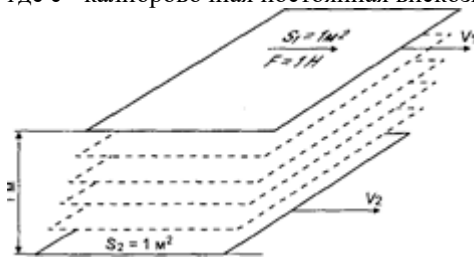
### 2.3. Определение кинематической вязкости при 20 °С (ГОСТ 33-2000)

*Вязкостью* называется свойство жидкости оказывать сопротивление при сдвиге или скольжении ее слоев. Препятствие перемещению слоев жидкости создают силы межмолекулярного притяжения. Внешне вязкость проявляется в степени подвижности: чем меньше вязкость, тем жидкость подвижнее, и наоборот. Величину вязкости выражают в единицах *динамической* или *кинематической* вязкости.

На рис. 1 показана схема, которая иллюстрирует понятие динамической вязкости. Из рисунка видно, что слои жидкости площадью 1 м<sup>2</sup> находятся на расстоянии 1 м и перемещаются относительно друг друга со скоростью 1 м/с и при этом оказывают сопротивление силой 1 Н. Такое сопротивление соответствует динамической вязкости 1 Па•с или 1 Н•с/м<sup>2</sup>. На практике, как правило, пользуются кинематической вязкостью, которая характеризует эксплуатационные свойства топлив и масел в зависимости от температуры и позволяет решать вопрос о пригодности нефтепродуктов для данного двигателя и о надежности его работы на всех возможных режимах эксплуатации. Кинематическую вязкость определяют по ГОСТу 33—2000 в капиллярном вискозиметре (рис. 2) по времени перетекания определенного объема жидкости (от метки А до метки Б) под действием силы тяжести при заданной температуре. Чем больше время перетекания жидкости

через капилляр, тем выше ее вязкость. Кинематическую вязкость  $\nu$ , мм<sup>2</sup>/с, рассчитывают по формуле:  $\nu = c \cdot t$ ,

где  $c$  - калибровочная постоянная вискозиметра, мм<sup>2</sup>/с;  $t$  - время протекания жидкости, с.



$V_1 - V_2 = 1 \text{ м/с}$

Рис. 1. Схема взаимного смещения слоев жидкости при определении вязкости

Зависимость между кинематической вязкостью и динамической выражается формулой:  $h = \nu \cdot \rho \cdot 10^{-3}$ , где  $h$  - динамическая вязкость жидкости, МПа·с;  $\rho$  - плотность жидкости при той же температуре, при которой определялась кинематическая вязкость, кг/м<sup>3</sup>.

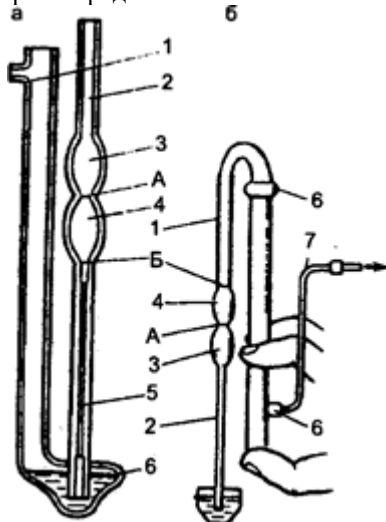


Рис. 2. Заполнение жидкостью вискозиметра: а – ВПЖ-2; б – Пинкевича;

1 - широкое колено; 2 - узкое колено; 3, 4, 6 - расширительные емкости;

5 — резиновая рубка; 7 - полый отросток; А - верхняя метка; Б - нижняя метка

Для определения вязкости нефтепродуктов используются капиллярные вискозиметры различных типов. Наибольшее распространение получили вискозиметр ВПЖ-2 и вискозиметр Пинкевича (рис. 2.). Капиллярный вискозиметр представляет собой U-образную трубку с тремя расширениями, в узкое колено которой впаян капилляр. Вискозиметры выпускают с разными диаметрами капилляра (0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; до 4,0 мм). При выборе диаметра вискозиметра необходимо исходить из того, чтобы время истечения топлива находилось в пределах не менее 200 секунд (ГОСТ 33-2000). Над капилляром помещены два расширения, между которыми и над капилляром имеются кольцевые метки.

Нижнее расширение служит резервуаром, куда перетекает жидкость при определении вязкости. Оно расширено с той целью, чтобы высота столба жидкости, под действием которого происходит истечение, оставалась примерно постоянной. В верхней части высокого колена имеется патрубок, который служит для присоединения резиновой груши. На верхних расширениях нанесены номер вискозиметра и номинальный диаметр капилляра. На каждый экземпляр вискозиметра должен иметься паспорт, в котором указывается постоянная вискозиметра «С» в мм<sup>2</sup>/с<sup>2</sup>.

Для заполнения вискозиметра топливом на боковой отвод его надевают резиновую трубку с грушей, переворачивают на 180° и погружают узкое колено в стаканчик с испытуемым топливом. Закрыв пальцем отверстие широкого колена, топливо с помощью груши засасывают в узкое колено вискозиметра до метки между капилляром и расширением. После этого вискозиметр переворачивают в нормальное положение и тщательно обтирают узкое колено от топлива.



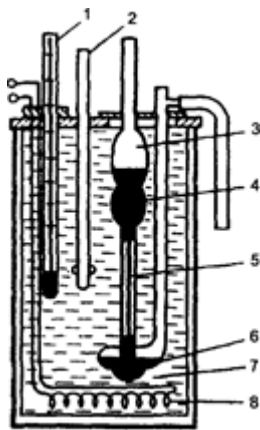


Рис. 3. Прибор для определения вязкости нефтепродуктов.

1 — термометр; 2 мешалка; 3, 4, 6 — расширения вискозиметра;

5 — капилляр вискозиметра; 7 термостат (баня); 8 — электроподогреватель

Используемые в работе вискозиметры представляют собой очень хрупкие и дорогие приборы. В связи с этим при работе с ними надо проявлять максимум осторожности: держать и закреплять их следует только за одно колено. Наиболее часто поломка вискозиметров происходит при надевании и снятии резиновой трубки, поэтому при этой операции нужно держать их именно за то колено, на которое надевается или снимается резиновая трубка.

Затем вискозиметр погружают в термостат (баню) так, чтобы шарик вискозиметра оказался полностью в термостатной жидкости (рис. 3). Выдерживают вискозиметр в термостате не менее 15 мин при температуре 20 °С, которую нужно поддерживать в течение всего опыта с точностью  $\pm 0,3$  °С. При заполнении и выдерживании вискозиметра в нем не должно образовываться разрывов и пузырьков воздуха. Затем, не вынимая вискозиметр из термостата, при помощи резиновой груши создают разрежение в трубке 7 (см. рис. 2.2), медленно набирая в шарик 3 несколько выше метки А топливо (из расширения 6).

Для заполнения термостата применяют следующие жидкости: при температуре 100 °С - нефтяное прозрачное масло или глицерин, при 50 °С - воду, при 0 °С - смесь воды со льдом, при более низких температурах — этиловый спирт с твердой углекислотой.

Подняв топливо выше метки А, отсоединяют резиновую грушу и наблюдают за перетеканием топлива через капилляр 5 и расширение 6. В момент достижения уровня топлива метки А включают секундомер, а в момент прохождения уровня метки Б его останавливают. Замер времени производят с точностью до 0,1 с. С той же порцией топлива испытание проводят несколько раз. Необходимо получить пять результатов времени истечения топлива, максимальная разность между которыми не должна превышать 1 % от абсолютного значения одного из них.

Затем вычисляют кинематическую вязкость при температуре +20 °С по формуле:  $\nu_{20} = c \cdot t_{\text{ср.}}$ , где  $c$  - постоянная вискозиметра (указана в паспорте вискозиметра),  $\text{мм}^2/\text{с}^2$ ;  $t_{\text{ср.}}$  - среднее арифметическое из пяти значений времени истечения испытуемой жидкости, с. Вычисленное значение  $\nu_{20}$  округляют с точностью до третьего знака.

#### 4. Определение плотности испытуемого образца дизельного топлива при температуре +20 °С (ГОСТ 3900-85)

Плотность дизельного топлива определяют так же, как плотность бензина (см. лабораторную работу № 1):

$$\rho_{20} = \rho_t + \gamma (t - 20).$$

Полученные данные заносят в таблицу 1:

Таблица 1. Результаты определения плотности дизельного топлива

Показание ареометра	Температура топлива, °С	Температурная поправка, $\gamma$ , $\text{кг}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{С})$	Плотность топлива $\rho$ при +20 °С, $\text{г}/\text{см}^3$
---------------------	-------------------------	--	---

#### 2.5. Определение температур помутнения и застывания (ГОСТ 20287-91)

Основные нарушения в системе подачи топлива при низких температурах связаны с температурой помутнения и застывания топлива. В отличие от бензинов, в дизельных топливах может находиться довольно много углеводородов с высокой температурой плавления, в первую очередь парафиновых (алканов). При понижении температуры наиболее высокоплавкие углеводороды выпадают из топлива в виде кристаллов различной формы, топливо мутнеет.

Для обеспечения бесперебойной подачи топлива необходимо, чтобы температура помутнения топлива была ниже температуры воздуха, при которой эксплуатируется машина.

При дальнейшем охлаждении топлива кристаллы высокоплавких углеводородов начинают соединяться, образуя пространственную решетку, в ячейках которой остаются жидкие углеводороды. Затем образующаяся структура настолько упрочняется, что топливо теряет текучесть - застывает.

Наивысшая температура, при которой топливо теряет прозрачность, называется *температурой помутнения*. Температурой застывания считается температура, при которой налитое в пробирку дизельное

топливо при охлаждении в определенных условиях не изменяет положения мениска в течение 1 мин при наклоне пробирки под углом 45° от вертикали (ГОСТ 20287-91).

Температура застывания дизельного топлива — величина условная и служит лишь ориентиром для определения условий применения топлива.

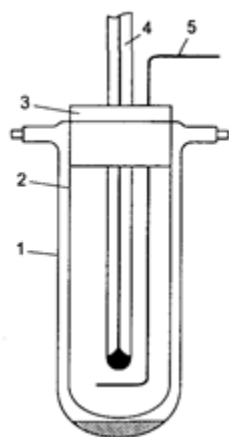


Рис. 4. Прибор для определения температуры помутнения и застывания топлива:

1 — пробирка наружная; 2 — пробирка внутренняя; 3 — пробка; 4 — термометр; 5 — мешалка

Сущность определения температуры помутнения топлива заключается в глубоком его охлаждении и визуальном наблюдении за изменением его состояния. Температура застывания определяется при глубоком охлаждении топлива до состояния потери подвижности.

Порядок выполнения опыта:

1. Испытуемое топливо тщательно перемешивают и наливают во внутреннюю пробирку до метки (40 мм от дна нанесена метка). Пробирку закрывают корковой пробкой с термометром. Термометр вставляют так, чтобы его ртутный шарик находился в пробирке на расстоянии 15 мм от дна и равном расстоянии от стенок.

2. Наливают испытуемое топливо в другую пробирку, которую используют в качестве эталона прозрачности.

3. Заполняют сосуд прибора охлаждающей смесью, уровень которой поддерживают на 30—40 мм выше уровня топлива в пробирке. Температура охлаждающей смеси при испытании все время должна быть на  $15 \pm 2$  °C ниже температуры испытуемого топлива.

4. Укрепляют внутреннюю пробирку с топливом и термометром во внешней пробирке. Во избежание запотевания внутренних стенок между пробирками заливают серную кислоту в количестве 0,5—1,0 мл.

5. Помещают собранный прибор в охлаждающую смесь. Топливо во время охлаждения необходимо непрерывно перемешивать.

6. За 5 °C до ожидаемой температуры помутнения пробирку вынимают из охлаждающей смеси, быстро вытирают ватой, смоченной спиртом, и сравнивают с эталоном. Продолжительность определения сравнения не более 12 с.

7. Если топливо по сравнению с прозрачным эталоном не изменилось, то пробирку снова опускают в сосуд прибора и дальнейшее наблюдение производят через каждый градус, понижая температуру топлива. Эти сравнительные наблюдения с прозрачным эталоном производят до тех пор, пока топливо не станет отличаться от эталона, т. е. когда в нем появится муть. При определении температуры помутнения неизвестного образца топлива сначала устанавливают значения этих температур приблизительно путем наблюдения за состоянием топлива через каждые 5 °C.

8. Для определения температуры застывания топлива в соответствии с пунктами 1 и 2 готовят прибор с испытуемым обезвоженным (с помощью свежeproкаленного хлористого кальция) топливом. Подготовленный прибор помещают в сосуд с охлаждающей смесью. Температура охлаждающей смеси должна быть на 5 °C ниже предполагаемой температуры застывания топлива.

9. Не вынимая из охлаждающей смеси, наклоняют прибор под углом 45° и держат в таком положении в течение одной минуты, до тех пор, пока испытуемое топливо в пробирке примет температуру, соответствующую температуре его застывания.

10. Вынимают пробирку из охлаждающей смеси, протирают стенки ватой, смоченной в спирте, и наблюдают, не сместился ли мениск топлива. Если мениск не сместился, то топливо остается застывшим, и наоборот. Если температура топлива неизвестна даже приблизительно, испытание по смещению мениска проводят через каждые 5 °C понижения температуры топлива. Температуру смеси в этом случае поддерживают на 4—5° ниже температуры топлива. После проведения испытания прибор и рабочее место приводят в первоначальное положение.

#### 6. Определение цетанового числа

На основании результатов измерения, используя эмпирическую формулу, определите цетановое число:

$$ЦЧ = (v_{20^{\circ}C} + 17,8) \frac{15879}{\rho_{20^{\circ}C}},$$

где  $\nu_{20^{\circ}C}$  – кинематическая вязкость при 20°C, мм<sup>2</sup>/с;

$\rho_{20^{\circ}C}$  – плотность, г/см<sup>3</sup>.

#### 7. Составление отчета

По результатам проведенных опытов заполняют таблицу 2.

Таблица 2. Отчет о лабораторной работе по оценке качества дизельного топлива

Наименование показателей	По ГОСТ	Полученные на основании проведенных анализов
Цвет		
Механические примеси и вода		
Плотность, кг/м <sup>3</sup> при 20 °С		
Вязкость кинематическая при 20 °С, мм <sup>2</sup> /с		
Температура застывания, °С, не выше		
Температура помутнения, °С, не выше		
Заключение о пригодности образца к применению		

На основании данных анализа топлива определяют возможные области его применения (сезонные, климатические).

#### Критерии оценки:

Студент должен выполнить две лабораторные работы.

Максимально 16 баллов – за полностью решенные и грамотно оформленные практические работы;

Минимально 9 баллов – за неполный ответ с допущением грубых ошибок.

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

**Вопросы для зачёта с оценкой (8 семестр)**

по дисциплине Технология нефти и газа

1. Фракционный состав нефтей и нефтепродуктов.
2. Основные характеристики бензинов, дизельных топлив, реактивных топлив, регулируемые ГОСТ. Требования ГОСТ на мазут.
3. Способы разгонки нефтей. Плотность нефти и газа. Молекулярная масса
4. Цетановое число: определение, метод лабораторной оценки, способы повышения цетанового числа
5. Вязкость - динамическая, кинематическая, условная. Тепловые свойства. Низкотемпературные свойства.
6. Октановое число: определение, метод лабораторной оценки, способы повышения октанового числа, механизм действия антидетонаторов, высокооктановых присадок.
7. Понятие об электрических и оптических свойствах нефти и нефтепродуктов
8. Основные требования ГОСТов на дистиллятное топливо – бензин, дизельное, реактивное топливо. Марки топлив
9. Малакометрические свойства нефтебитумов - температура размягчения, твердость, растяжимость
10. Классификация нефтепродуктов
11. Классификации нефтей по ГОСТ. Составление шифра нефти
12. Схема ЭЛОУ - АВТ - вторичная перегонка бензина. Оценка эффективности работы установок перегонки нефти. Оценка качества полученных продуктов. Основное оборудование установок перегонки нефти.
13. Определение варианта переработки нефти. Основные марки и характеристики нефтей, продаваемых на мировых рынках.
14. Вакуумная перегонка мазута, аппаратура для создания вакуума
15. Требования ГОСТ на подготовленную нефть. Необходимость обезвоживания и обессоливания нефтей
16. Острое и циркуляционное орошение атмосферной колонны, его назначение. Роль водяного пара при перегонке нефти.
17. Методы разрушения нефтяных эмульсий. Стабилизация нефтей, схемы
18. Основные аппараты установок перегонки нефти. Теоретические основы процесса. Возможные схемы атмосферной перегонки нефти
19. Внутритрубная деэмульсация. Схемы подготовки нефтей девона и карбона.
20. Очистка нефти и газа от сероводорода, воды: технологии, схемы, технологические режимы. Основные аппараты установок перегонки нефти

**Критерии оценки:**

8 семестр:

Максимально 40 баллов - за полный, развернутый ответ на поставленные вопросы.

Минимально 24 балла – за неполный ответ с допущением грубых ошибок при определении сущности раскрываемых понятий, теорий, явлений

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

**Комплект вопросов для контрольной работы (8 семестр)**  
по дисциплине Б1.В.06 Технология нефти газа

Фракционный состав нефтей и нефтепродуктов. Способы разгонки нефтей. Плотность нефти и газа. Молекулярная масса. Давление насыщенных паров.

Вязкость - динамическая, кинематическая, условная. Тепловые свойства. Низкотемпературные свойства. Понятие об электрических и оптических свойствах нефти и нефтепродуктов. Малакометрические свойства нефтебитумов - температура размягчения, твердость, растяжимость

Технологическая и техническая классификация нефтей: Классификации нефтей по ГОСТ. Составление шифра нефти. Определение варианта переработки нефти. Основные марки и характеристики нефтей, продаваемых на мировых рынках

Требования ГОСТ на подготовленную нефть. Необходимость обезвоживания и обессоливания нефтей. Методы разрушения нефтяных эмульсий. Стабилизация нефтей, схемы.

Внутритрубная деэмульсация. Схемы подготовки нефтей девона и карбона. Очистка нефти и газа от сероводорода, воды: технологии, схемы, технологические режимы. Основные аппараты установок перегонки нефти.

Теоретические основы процесса. Возможные схемы атмосферной перегонки нефти. Острое и циркуляционное орошение атмосферной колонны, его назначение. Роль водяного пара при перегонке нефти. Вакуумная перегонка мазута, аппаратура для создания вакуума.

Схема ЭЛОУ - АВТ - вторичная перегонка бензина. Оценка эффективности работы установок перегонки нефти. Оценка качества полученных продуктов. Основное оборудование установок перегонки нефти.

Классификация нефтепродуктов. Основные требования ГОСТов на дистиллятное топливо – бензин, дизельное, реактивное топливо. Марки топлив. Октановое число: определение, метод лабораторной оценки, способы повышения октанового числа, механизм действия антидетонаторов, высокооктановых присадок. Цетановое число: определение, метод лабораторной оценки, способы повышения цетанового числа. Основные характеристики бензинов, дизельных топлив, реактивных топлив, регулируемые ГОСТ. Требования ГОСТ на мазут.

**Критерии оценки контрольной работы:**

Студент должен сдать 1 контрольную работу:

Максимально 30 баллов – за полный, развернутый ответ на поставленный вопрос;  
минимально 18 баллов – за неполный ответ с допущением ошибок.

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

**Комплект заданий для групповых дискуссий (8 семестр)**  
по дисциплине Б1.В.06 Технология нефти и газа

Групповая дискуссия №1 «Определение физико-химических свойств бензинов»

1. Что такое плотность вещества, как ее определяют?
2. Как зависит плотность от температуры?
3. В каких пределах находится плотность бензинов?
4. Каким показателем оценивается наличие органических кислот в топливе?
5. Что такое фракционный состав топлива и как он определяется?
6. Какое свойство топлива характеризует фракционный состав?
7. Какие свойства топлив характеризует температура 10%, 50% и 90% отгона?
8. Каковы технические требования ГОСТа к фракционному составу бензина?
9. Перечислите марки бензинов

Групповая дискуссия №2 «Определение физико-химических свойств дизельных топлив»

1. Что такое динамическая и кинематическая вязкость?
2. Как влияет вязкость на эксплуатационные свойства дизельных топлив?
3. Дайте определение температуры помутнения и застывания топлива.
4. В чем заключается физическая сущность помутнения и застывания топлива?
5. В чем заключается эксплуатационная оценка дизельного топлива по температуре помутнения и застывания?
6. При какой температуре наружного воздуха может применяться данный образец топлива?
7. Перечислите марки дизельных топлив.

**Критерии оценки групповых дискуссий:**

Студент должен участвовать в двух групповых дискуссиях.

Максимально 4 баллов – за полностью решенные и грамотно оформленные практические работы;

Минимально 3 баллов – за неполный ответ с допущением ошибок.

**Комплект заданий для практических работ (8 семестр)**

по дисциплине Б1.В.06 Технология нефти и газа

Практическая работа №1 «Расчет установок подготовки и перегонки нефти»

Рассчитать абсорбер

---

Порядок технологического расчета абсорбера следующий:

1. По рис. 5.1 с учетом относительной плотности осушаемого газа  $\rho$  и содержания солей в растворе абсорбента  $C$  определяют при давлении газа  $P_r$  и температурах газа  $t_r$  и требуемой точки росы осушенного газа  $t_{o.p}$  влажность газа на входе в абсорбер  $W_r$  и на выходе из него  $W_{o.r}$ .

2. Определяют количество влаги, удаленной из газа в абсорбере:

$$W_a = W_r - W_{o.r}, \quad (5.4)$$

$$W_{aG} = W_a \cdot G_r. \quad (5.5)$$

3. По рис. 5.3 определяют массовую концентрацию регенерированного абсорбента  $X_p$  при средней температуре контакта  $t_a$  и требуемой точке росы осушенного газа  $t_{o.p}$ . Массовая концентрация насыщенного абсорбента  $X_n$  выбирается исходя из практических соображений, а затем проверяется по расчету регенерации абсорбента ( $X_n \approx 96\% \text{ мас.}$ ).

4. Для построения рабочей линии в абсорбере рассчитывают относительные мольные концентрации:

а) воды в регенерированном абсорбенте:

$$X'_p = \frac{(1 - X_p) \cdot M_{\text{глик}}}{18 \cdot X_p}, \quad (5.6)$$

где  $M_{\text{глик}}$  – молекулярная масса гликоля;

б) воды в насыщенном абсорбенте:

$$X'_n = \frac{(1 - X_n) \cdot M_{\text{глик}}}{18 \cdot X_n}; \quad (5.7)$$

где  $M_{\text{глик}}$  – молекулярная масса гликоля;

б) воды в насыщенном абсорбенте:

$$X'_n = \frac{(1 - X_n) \cdot M_{\text{глик}}}{18 \cdot X_n}; \quad (5.7)$$

в) воды в газе на входе в абсорбер:

$$Y'_r = \frac{W_r}{18} \cdot 22,4 = 1,24 \cdot W_r; \quad (5.8)$$

г) воды в газе на выходе из абсорбера:

$$Y'_{o.r} = \frac{W_{o.r}}{18} \cdot 22,4 = 1,24 \cdot W_{o.r}. \quad (5.9)$$

На основании этих расчетов определяют координаты рабочей линии: точки  $A(X'_p, Y'_{o.r})$  и точки  $B(X'_n, Y'_r)$ .

5. По уравнению материального баланса рассчитывают необходимое количество регенерированного абсорбента и кратность циркуляции абсорбента  $l$ :

$$L = \frac{G(y'_r - y'_{o.r})}{X'_n - X'_p}, \quad (5.10)$$

$$L_g = L \cdot M_{\text{глик}}, \quad (5.11)$$

$$l = L_g / W_{aG}. \quad (5.12)$$

6. Для построения кривой равновесия произвольно задаются рядом концентраций абсорбента  $X$ , охватывающих имеющиеся концентрации от  $X_p$  до  $X_n$ , а также определяют относительные мольные концентрации воды в абсорбенте  $X'$  (п. 4, а); точки росы газа для принятых концентраций  $X$  и средней температуры контакта  $t_a$  (рис. 5.3); влагосодержание газа (п. 1) и относительные мольные концентрации воды в газе  $Y'$  (п. 4, в).

7. В координатах  $X'-Y'$  строят рабочую линию  $AB$ , линию равновесия и ступенчатую линию (рис. 5.4). По ступенчатой линии определяют число теоретических тарелок в абсорбере  $n$  (для рис. 5.4  $n = 4$ ).

8. Определяют число практических тарелок  $n_p$  в абсорбере по формуле:

$$n_p = \frac{n}{\eta}, \quad (5.13)$$

где  $\eta$  – к.п.д. тарелок ( $\eta = 0,25-0,40$ ).



7. Определяют диаметр абсорбера  $D$  по формуле:

$$D = 1,128 \sqrt{\frac{V_{\Gamma}}{W_{\text{доп}}}}, \quad (4.7)$$

где  $V_{\Gamma}$  – производительность абсорбера по газу,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $W_{\text{доп}}$  – допустимая скорость движения газа в свободном сечении абсорбера,  $\text{м}/\text{с}$  ( $W_{\text{доп}} = 0,2\text{--}0,5 \text{ м}/\text{с}$ ).

Если рассчитанный диаметр абсорбера не совпадает с нормализованным значением, то принимают ближайший больший диаметр. Нормализованные диаметры имеют следующие значения,  $\text{м}$ : 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,4; 2,6; 2,8; 3,0; 3,2; 3,4; 3,6; 3,8; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,4; 7,0; 8,0; 9,0.

8. Определяют высоту абсорбера  $H$  по формуле:

$$H = h_{\text{в}} + h_{\text{тар}} + h_{\text{п}} + h_{\text{н}}, \quad (4.8)$$

где  $h_{\text{в}}$  – высота от верхнего штуцера до верхней тарелки,  $\text{м}$ ;  $h_{\text{в}}$  равна  $1/2$  диаметра абсорбера, если днище шаровое (диаметр абсорбера более 4  $\text{м}$ ), и  $1/4$  диаметра, если днище эллиптическое;  $h_{\text{тар}}$  – высота, занятая тарелками;  $h_{\text{тар}} = a(n_{\text{р}} - 1)$ , где  $a = 0,6 \text{ м}$  для абсорберов диаметром до 6  $\text{м}$  и  $a = 0,8$  для абсорберов диаметром более 6  $\text{м}$ ;  $n_{\text{р}}$  – число практических тарелок (см. п. 6);  $h_{\text{п}}$  – высота зоны питания абсорбера;  $h_{\text{п}} = 1,5\text{--}2,5 \text{ м}$ ;  $h_{\text{н}}$  – высота низа абсорбера, определяется исходя из 5–10-минутного запаса насыщенного абсорбента внизу абсорбера, необходимого для нормальной работы насоса или перетока в десорбер, по формуле:

$$h_{\text{н}} = \frac{4 \cdot \gamma_0 \cdot \tau}{\pi D^2}, \text{ м}, \quad (4.9)$$

где  $\gamma_0$  – производительность насоса,  $\text{м}^3/\text{мин}$ ;  $\tau$  – запас абсорбента,  $\text{мин}$ ;  $D$  – диаметр абсорбера,  $\text{м}$ .

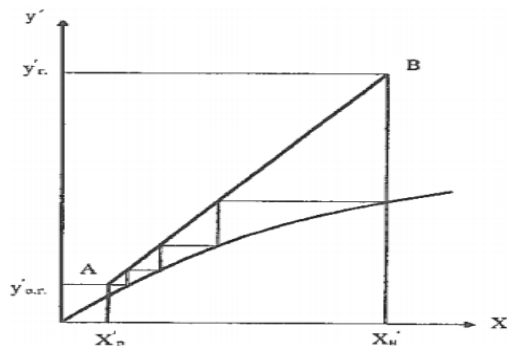


Рис. 5.4. Графическое определение числа теоретических тарелок в абсорбере

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Производительность установки $G_{\Gamma}$	10000	12000	30000	2000	50000	3000	5000	5500	3200
Относительная плотность осушаемого газа $\rho$	0,6	0,8	0,7	0,75	1,2	0,9	1,4	1,6	0,8
Содержание солей в растворе абсорбента $C$	20	30	25	10	5	30	20	15	10
Требуемая точка росы $t_{\text{о.р.}}$	-40								
Давление газа, $P_{\Gamma}$	0,6	0,4	0,6	0,6	0,2	0,8	0,8	0,2	0,6
Температура газа $t_{\Gamma}$	10	150	90	30	60	120	10	120	150
Средняя температура контакта при	10								

абсорбции	
-----------	--

**Критерии оценки практической работы:**

Студент должен выполнить одну практическую работу.

Максимально 10 баллов – за полностью решенные и грамотно оформленные практические работы;

Минимально 6 баллов – за неполный ответ с допущением ошибок.

**Комплект заданий для лабораторных работ (9 семестр)**

по дисциплине Б1.В.ДВ.9.2 Технология нефти и газа

Лабораторная работа №1 «Определение физико-химических свойств бензинов»

Цель работы:

1. Знакомство с нормативно-технической документацией по качеству бензинов (ГОСТами на показатели качества и методы их определения) (см. Приложение, табл. 1 и 2).
  2. Оценка испытуемого образца бензина по внешним признакам (прозрачность, цвет, запах, наличие воды и видимых невооруженным глазом механических примесей, характер испарения капли с фильтровальной бумаги).
  3. Проведение анализа на содержание в бензине водорастворимых кислот и щелочей.
  4. Определение наличия в бензине олефинов.
  5. Измерение плотности бензина ареометром.
  6. Определение фракционного состава бензина разгонкой.
- Работа производится в вытяжном шкафу!

Оборудование и реактивы: цилиндры емкостью 100 и 10 см<sup>3</sup>, фильтровальная бумага, делительная воронка, ареометр, набор пробирок, пипетки, термометр, стеклянная палочка, колба Вюрца, нисходящий холодильник, колбонагреватель, образец бензина, перманганат калия (0,1 М водный раствор), метиловый оранжевый (0,02% - ный водный раствор), фенолфталеин (1 % - ный спиртовой раствор), индикаторная паста ИСВ-ПР.

1. Оценка бензина по внешним признакам

Неэтилированные бензины, как правило, бесцветны. Иногда они имеют желтоватый оттенок из-за наличия смолистых веществ. Этилированные бензины специально окрашивают (в ярко-желтый или оранжево-красный цвет), так как входящий в их состав тетраэтилсвинец ядовит.

Для определения прозрачности бензина используют стеклянный цилиндр. Невооруженным глазом не должно быть обнаружено механических взвешенных и осевших на дно цилиндра посторонних примесей и воды. Мутность бензина при комнатной температуре обычно обусловлена наличием в нем воды в виде эмульсии или механических примесей. Такой бензин перед применением необходимо подвергнуть отстою и фильтрации. Наличие воды в бензине особенно опасно в зимнее время, когда образующиеся кристаллы льда нарушают дозировку топлива и даже могут вызывать полное прекращение его подачи. Кроме того, при наличии воды увеличивается коррозионное действие топлива, усиливаются процессы окисления.

Механические примеси могут попадать в топливо при использовании грязной тары и загрязненного заправочного оборудования. Применение топлива, содержащего механические примеси, вызывает засорение топливодозирующей системы, износ топливной аппаратуры, а при попадании в цилиндры двигателя — износ цилиндропоршневой группы. В бензинах не допускается присутствие даже мельчайших механических примесей.

Бензины имеют наиболее легкий фракционный состав по сравнению с другими нефтепродуктами. Для определения испаряемости каплю испытуемого бензина наносят на фильтровальную бумагу и наблюдают характер испарения. Зимние автомобильные бензины полностью испаряются за 1 мин, не оставляя никакого следа. Летние

автомобильные бензины испаряются медленнее, на бумаге сохраняется не полностью высохшее пятно.

Для проведения анализа испытуемый бензин налейте в стеклянный цилиндр, визуально определите наличие или отсутствие взвешенных или осевших на дно твердых частиц, водного слоя на дне цилиндра и характерной мути. Оценка наличия воды в бензине также осуществляется с использованием индикаторной пасты ИСВ-ПР. На стеклянную палочку нанесите небольшое количество индикаторной пасты, опустите палочку в испытуемый образец бензина. Изменение цвета индикаторной пасты с желтого на красный свидетельствует о наличии воды в бензине. Результаты наблюдений запишите в отчет.

## 2. Определение содержания в бензине водорастворимых кислот и щелочей (ГОСТ 6307-75)

Из-за нарушения технологии очистки бензина в нем могут присутствовать водорастворимые кислоты и щелочи. Например, после очистки бензина при неполной нейтрализации серной кислоты щелочью не исключено наличие остатков как самой кислоты, так и ее производных — сульфокислот и кислых эфиров. Для удаления щелочи после нейтрализации серной кислоты бензин промывают водой. Щелочь попадает в топливо при плохой промывке в процессе очистки. Другие водорастворимые кислоты и щелочи могут оказаться в топливе случайно.

Присутствие в бензине водорастворимых кислот и щелочей вызывает интенсивное изнашивание деталей двигателя (коррозия металлов), поэтому ГОСТы предусматривают их полное отсутствие.

Минеральные кислоты и щелочи, находящиеся в горюче-смазочных материалах, являются одной из причин, вызывающих коррозию деталей двигателя, а также металлической тары и емкостей. Поэтому бензины, содержащие водорастворимые кислоты и щелочи, к эксплуатации непригодны.

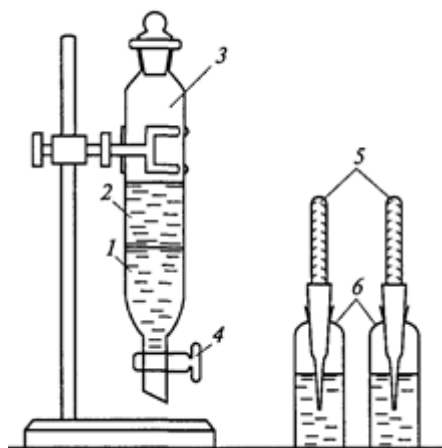


Рис. 1. Определение содержания в бензине водорастворимых кислот и щелочей:

1 — водная вытяжка; 2 — бензин; 3 — делительная воронка; 4 — кран; 5 — пипетки; 6 — пробирки

Для определения содержания в бензине водорастворимых кислот и щелочей образец бензина тщательно перемешайте встряхиванием в бутылке, затем налейте в делительную воронку 3 (рис. 1.) 10 мл испытуемого бензина и добавьте такое же количество дистиллированной воды. Воронку закройте пробкой, снимите со штатива и перемешайте содержимое встряхиванием в течение 5 мин. После этого воронку укрепите на штативе, дайте смеси отстояться, затем водную вытяжку 1, находящуюся внизу делительной воронки, слейте с помощью крана 4 в две пробирки 6.

В одну из пробирок добавьте одну-две капли раствора метилоранжа, в другую — одну-две капли раствора фенолфталеина. При наличии в бензине водорастворимых кислот

водная вытяжка в пробирке окрасится в красный цвет, а при их отсутствии — в желто-оранжевый.

При наличии в бензине щелочей водная вытяжка окрасится в малиновый цвет, а при их отсутствии — останется бесцветной или слегка побелеет. Полученные результаты необходимо сравнить с данными табл. 1.1. Полученные результаты запишите в отчет.

Таблица 1. Цвет индикаторов в различных средах.

Среда	Метилоранж	Фенолфталеин
Щелочная	Желтый	Малиновый
Нейтральная	Оранжевый	Бесцветный
Кислая	Красный	Бесцветный

Бензин может быть допущен к применению только при условии, что его водная вытяжка остается нейтральной. Если водная вытяжка кислая или щелочная, то испытуемый бензин бракуют. Результаты наблюдений запишите в отчет.

### 3. Определение наличия олефинов в бензине

Олефинами называются непредельные углеводороды, содержащие в молекулах двойные углерод-углеродные связи.

Бензины для двигателей, имеющие в своем составе продукты термического крекинга, могут содержать значительное количество олефинов, способных во время транспортирования и хранения превращаться вследствие окислительно-полимеризационных процессов в смолы, чрезмерно высокая концентрация которых негативно отражается на работе двигателей. В связи с этим возникает необходимость качественной оценки в эксплуатационных условиях способности бензинов к самопроизвольному осмолению.

Олефины легко окисляются, восстанавливая соприкасающиеся с ними окислители. Для выполнения анализа испытуемый бензин налейте в проградированную пробирку до уровня 30... 40 мм и добавьте примерно такое же количество водного раствора перманганата калия. Пробирку закройте пробкой, интенсивно встряхните смесь в течение 10... 15 с, а затем дайте смеси отстояться. Если после отстаивания жидкость в нижней части пробирки имеет малиново-фиолетовую окраску, то это свидетельствует об отсутствии в бензине олефинов.

Обесцвечивание водного слоя или изменение малиново-фиолетовой окраски на желтую или коричневую является признаком наличия олефинов в испытуемом бензине. Результаты наблюдений запишите в отчет.

### 4. Определение плотности бензина (ГОСТ3900-85)

Плотность принадлежит к числу обязательных показателей, включаемых в паспорт на топливо двигателей.

Система учета и отчетности, а также расчеты при составлении заявок на снабжение должны предусматривать пересчет количества бензина из массовых единиц в объемные и обратно. Кроме того, контроль наличия и остатков в емкостях автомобильных заправочных станций (АЗС) также невозможен без четко налаженного пересчета массовых единиц измерения в объемные.

Для пересчета количества бензина из объемных единиц в массовые достаточно умножить объемное количество бензина, замеренное при определенной температуре, на плотность бензина при той же температуре:

$$C_6 = V_6 \cdot r$$

где  $C_6$  — количество бензина в массовых единицах, кг;  $V_6$  — количество бензина в объемных единицах при определенной температуре, л;  $r$  — плотность бензина при той же температуре, г/см<sup>3</sup>.

Наиболее простым и удобным является определение плотности нефтепродуктов ареометром (ГОСТ 3900-85). Для определения плотности бензина стеклянный цилиндр установите на ровной поверхности и по стеклянной палочке осторожно налейте в него бензин. Температура бензина не должна отклоняться от температуры окружающей среды более чем на 5 °С.

Далее чистый и сухой ареометр (нефтеденсиметр) с ценой деления 0,0005 г/см<sup>3</sup> (рис. 2) медленно погрузите в бензин до момента его всплытия. Отсчет произведите по верхнему краю мениска с точностью до третьего знака. При этом глаз должен находиться на уровне поверхности бензина. Температуру бензина определите термометром. Плотность бензина принято указывать при температуре +20 °С. Если температура бензина в момент определения его плотности отличалась от указанной, следует ввести температурную поправку  $g$  (табл. 2).

Плотность бензина определяется по формуле:  $\rho_{20} = \rho_t + g(t - 20)$ ,

где  $\rho_{20}$  — плотность бензина при температуре +20 °С, г/см<sup>3</sup>;  $\rho_t$  — плотность бензина при температуре замера, г/см<sup>3</sup>;  $g$  — температурная поправка, г/(см<sup>3</sup>×°С);  $t$  — температура бензина в момент замера, °С.

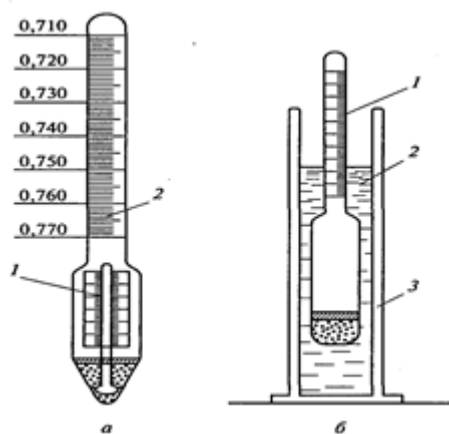


Рис. 2. Определение плотности бензина:

а — ареометром: 1 — шкала термометра; 2 — шкала плотности (г/см<sup>3</sup>);

б — нефтеденсиметром: 1 — нефтеденсиметр; 2 — бензин; 3 — цилиндр

Таблица 2. Средние температурные поправки для определения плотности бензина

Замеренная плотность бензина $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	Температурная поправка $g$ , г/(см <sup>3</sup> ×°С)	Замеренная плотность бензина $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	Температурная поправка $g$ , г/(см <sup>3</sup> ×°С)
0,720...0,729	0,000870	0,820...0,829	0,000738
0,730...0,739	0,000857	0,830...0,839	0,000725
0,740...0,749	0,000844	0,840...0,849	0,000712
0,750...0,759	0,000831	0,850...0,859	0,000699
0,760...0,769	0,000818	0,860...0,869	0,000686
0,770...0,779	0,000805	0,870...0,879	0,000673
0,780...0,789	0,000792	0,880...0,889	0,000660
0,790...0,799	0,000778	0,890...0,899	0,000647
0,800...0,809	0,000765	0,900...0,909	0,000633
0,810...0,819	0,000752	0,910...0,919	0,000620

Результаты проведенного исследования необходимо занести в таблицу 1.3.

Плотность бензина стандартами не нормируется, по этому показателю можно только ориентировочно судить о его принадлежности к виду топлива: бензин, керосин, дизельное топливо и т.д. (см. Приложение, табл. 3), так как многие марки различных топлив имеют одинаковую плотность.

Таблица 3. Результаты определения плотности бензина

Показание нефтеденсиметра	Температура топлива, °С	Температурная поправка $g$ , г/(см <sup>3</sup> ×°С)	Плотность топлива $\rho$ при +20 °С, г/см <sup>3</sup>

## 5. Определение фракционного состава бензина (ГОСТ 2177-82)

Фракционный состав бензина определяет его важнейшие эксплуатационные свойства. Легкость пуска холодного двигателя, необходимая интенсивность подогрева впускного трубопровода, мощностные показатели, топливная экономичность, интенсивность изнашивания двигателя зависят от фракционного состава бензина.

В отличие от химически однородных веществ (например, вода, спирт, эфиры), имеющих постоянную температуру кипения, зависящую только от барометрического давления, бензин является сложной смесью углеводородов, кипящих при различных температурах. Поэтому для оценки испаряемости бензина определяют зависимость количества испарившегося бензина от температуры.

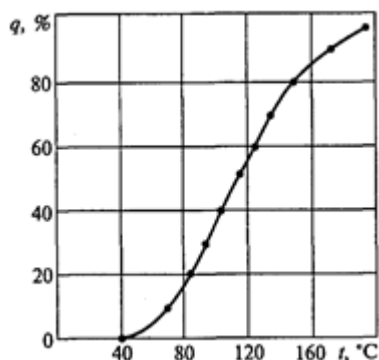


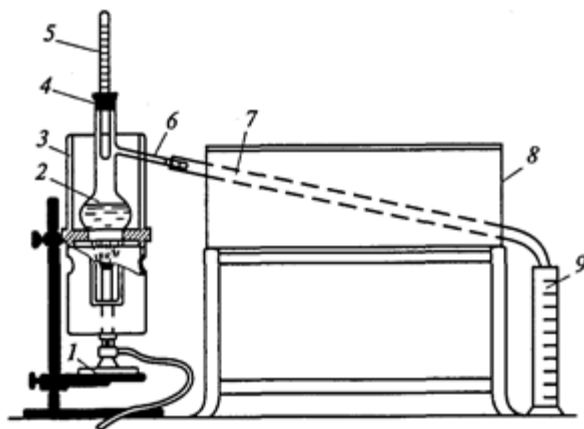
Рис. 3. Кривая перегонки бензина:

$q$  — количество перегнанного топлива;

$t$  — температура разгонки

Зависимость объема перегнанного топлива от температуры — кривая перегонки — дает наглядное представление о фракционном составе топлива (рис. 1.3). Для характеристики фракционного состава в стандартах указаны температуры, при которых перегоняется 10; 50 и 90% бензина, а также температуры начала ( $t_{н.п.}$ ) и конца ( $t_{к.п.}$ ) его перегонки.

По характерным точкам на кривой фракционного состава можно приблизительно судить о некоторых эксплуатационных качествах бензина. Например, температура перегонки 10 % бензина ( $t_{10\%}$ ) характеризует его пусковые свойства, в частности, возможность пуска двигателя при низких температурах воздуха. Температура перегонки 50 % бензина ( $t_{50\%}$ ) характеризует необходимую интенсивность прогрева впускного трубопровода, а также скорость прогрева двигателя и возможность более быстрого прекращения обогащения горючей смеси при пуске.



Температуры перегонки 90 % бензина ( $t_{90\%}$ ) и конца перегонки ( $t_{к.п.}$ ) достаточно полно характеризуют противоизносные свойства бензина, так как с повышением этих температур увеличивается количество тяжелых трудно испаряющихся фракций, попада-

ющих в цилиндр в капельно-жидком состоянии и смывающих масляную пленку с зеркала цилиндров.

Рис. 1.4. Прибор для определения фракционного состава бензина:

- 1 — горелка (или колбонагреватель); 2 — колба Вюрца; 3 — кожух; 4 — пробка;  
5 — термометр; 6 — отводная трубка; 7 — трубка для конденсата; 8 —  
холодильник  
9 — стеклянный мерный цилиндр

Схема прибора для определения фракционного состава бензина показана на рис. 1.4. В колбу 2 вместимостью 125 мл, помещенную в кожух 3, налейте 100 мл бензина. Колбу подогрейте, регулируя температуру нагревания колбонагревателя (горелки) 1 так, чтобы первая капля бензина с момента начала перегонки попала в мерный цилиндр 9 не ранее чем через 5 мин и не позднее чем через 10 мин. По термометру 5, установленному при помощи уплотнительной пробки 4 в горловине колбы так, чтобы его ртутный шарик был на уровне отводной трубки 6, отметьте температуру падения в мерный цилиндр первой капли бензина, т. е. температуру начала перегонки бензина. В дальнейшем измеряйте температуру после каждых 10 мл бензина, поступающего в мерный цилиндр. При этом интенсивность нагревания колбы должна обеспечивать перегонку 4...5 мл бензина в течение минуты (20—25 капель за 10 с). Для конденсации паров бензина трубка 7 расположена в холодильнике 8, заполненном проточной водой.

Вычитая из количества бензина, залитого в колбу, количество бензина, находящегося в мерном цилиндре, и остаток в колбе, получают потери при перегонке. Результаты проведенного исследования занесите в таблицу и, используя их, постройте кривую перегонки (рис. 1.3.) и заполнить итоговые табл. 4. и 5.

Таблица 4. Результаты фракционной перегонки.

Фракционный состав, °С	Остатки бензина, %	Потери бензина, %								
t <sub>н.п.</sub>	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	t <sub>к.п.</sub>

Давление насыщенных паров характеризует испаряемость головных (пусковых) фракций бензинов и, прежде всего, их пусковые качества. Чем выше давление насыщенных паров бензина, тем легче он испаряется и тем быстрее происходит пуск и прогрев двигателя. Однако если бензин имеет слишком высокое давление насыщенных паров, то он может испаряться до смесительной камеры карбюратора. Это приведет к ухудшению наполнения цилиндров, возможному образованию «паровых пробок» в системе питания и снижению мощности, перебоям в работе двигателя и даже его остановке.

Для нестандартных бензинов необходимо сопоставить фактические отклонения от ГОСТа с допустимыми. Если фактические отклонения показателей не выходят за пределы допустимых, бензин применяют по прямому назначению. Допустимые отклонения от норм выбраны таким образом, чтобы не наблюдалось заметного снижения показателей надежности работы автомобиля. Бензины, не отвечающие техническим требованиям, могут быть использованы по прямому назначению после доведения их показателей до норм ГОСТа (например, смешением нестандартного бензина с другим бензином, имеющим запас качества по соответствующим показателям).

Решение о применении всех бензинов (как стандартных, так и нестандартных) принимают после обязательной эксплуатационной оценки их фракционного состава с помощью номограммы (рис. 1.5).



Легкость пуска карбюраторного двигателя непосредственно связана с наличием в бензине легких фракций. Чем больше в бензине низкокипящих углеводородов, тем лучше его пусковые свойства. Поэтому возможность легкого или затрудненного пуска двигателя связывают с испарением при перегонке первых 10 % бензина или с температурой перегонки 10 % бензина ( $t_{10\%}$ ).

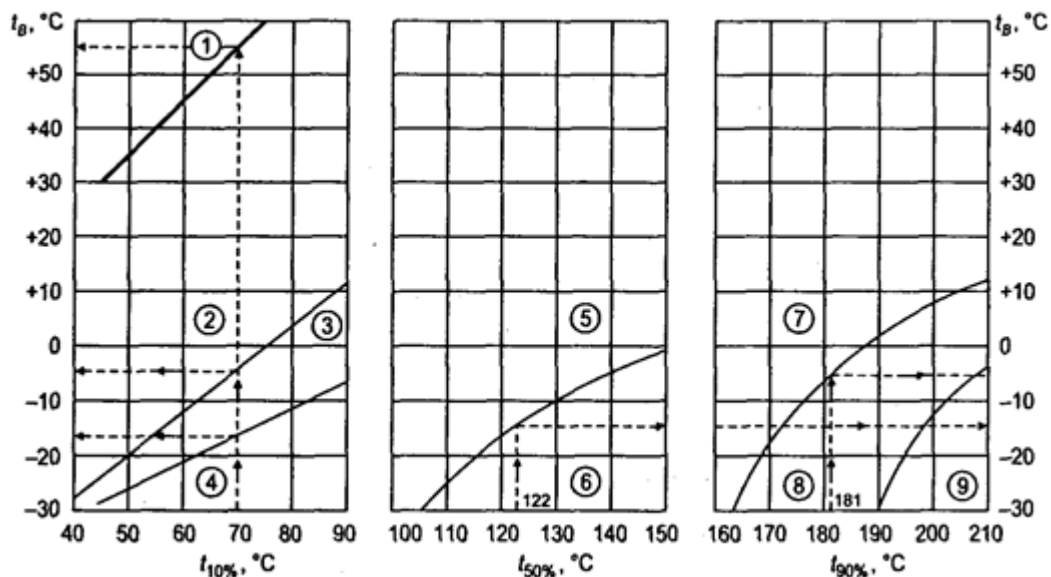


Рис. 5. Номограмма для эксплуатационной оценки бензинов по данным их разгонки.

Области: 1 — возможного образования паровых пробок; 2 — легкого пуска двигателя;

3 — затрудненного пуска двигателя; 4 — практически невозможного пуска холодного

двигателя; 5 — быстрого прогрева и хорошей приемистости; 6 — медленного прогрева

и плохой приемистости; 7 — незначительного разжижения масла в картере;

8 — заметного разжижения масла в картере; 9 — интенсивного разжижения масла в картере

Для оценки пусковых свойств бензинов необходимо найти по номограмме два значения температуры наружного воздуха, являющиеся нижними границами легкого и затрудненного пуска двигателя. Практически этот вопрос решают следующим образом: на оси абсцисс отмечают точку, соответствующую  $t_{10\%}$  испытуемого бензина (для иллюстрации на номограмме  $t_{10\%}$  взята равной 70 °C); из нее восстанавливают перпендикуляр (вертикальная пунктирная прямая); из точки его пересечения с наклонными сплошными линиями (нижними границами областей, представленных на номограмме) проводят горизонтальную линию до пересечения с осью ординат и на ней читают ответ. В рассматриваемом примере легкий пуск холодного двигателя возможен при минимальной температуре наружного воздуха -5 °C, а затрудненный пуск — при -15 °C.

Оцените бензин и сделайте заключение по форме табл. 5.

Таблица 5. Эксплуатационная оценка бензина по данным разгонки

Самая низкая температура наружного воздуха, °C, при которой возможно:	Температура
Образование паровых пробок	
Обеспечение легкого пуска двигателя	
Обеспечение затрудненного пуска двигателя	
Обеспечение быстрого прогрева и хорошей приемистости	

Незначительное разжижение масла в картере	
Заметное разжижение масла в картере	

6. Оценка анализируемого образца по паспортным данным.

Определение требуемого октанового числа

Оценка производится сравнением показателей качества по стандарту и паспорту качества образца. Определение необходимого октанового числа для конкретного двигателя по условию бездетонационной работы можно производить по эмпирической формуле:

$$ОЧ = 125,4 - \frac{413}{\epsilon} + 0,183D$$

где  $\epsilon$  - степень сжатия двигателя; D – диаметр цилиндра, мм.

Справочные данные для двигателей:

1. МеМЗ-245 -  $\epsilon=9,25$ ; D=72 мм;

2. ВАЗ-2106 -  $\epsilon=8,5$ ; D=79 мм;

3. ВАЗ-2108 -  $\epsilon=9,9$ ; D=76 мм;

4. ВАЗ-21083 -  $\epsilon=9,9$ ; D=82 мм;

5. ЗМЗ-53-11 -  $\epsilon=7,6$ ; D=92 мм;

6. ЗИЛ-508.10 -  $\epsilon=7,1$ ; D=100 мм;

Октановое число бензина можно определить по результатам разгонки, используя

$$ОЧ_{\text{э}} = 120 - 2 \frac{t_{\text{ср}} - 58}{5\rho_{20}}; \quad t_{\text{ср}} = \frac{t_{\text{нп}} + t_{\text{кп}}}{2},$$

эмпирическую формулу:

где  $t_{\text{ср}}$  – средняя температура перегонки бензина, °С;

$t_{\text{нп}}$  – температура начала перегонки бензина, °С;

$t_{\text{кп}}$  – температура конца перегонки бензина, °С;

$\rho_{20}$  – плотность бензина при 20 °С, г/см<sup>3</sup>.

Сделайте заключение о пригодности анализируемого образца бензина к применению. Заполните таблицу 6 в соответствии с полученными экспериментальными данными.

Таблица 6. Соответствие основных показателей образца бензина требованиям ГОСТа.

Показатели	Значение показателей	Отклонения показателей от ГОСТа	
для испытуемого образца	по ГОСТу		
фактические	допустимые		
Октановое число			
Фракционный состав, °С:			
$t_{\text{н.п.}}$			-1
$t_{10\%}$			-5
$t_{50\%}$			+3
$t_{90\%}$			+3
$t_{\text{к.п.}}$			+5

Остаток в колбе, %				0,3
Остаток в колбе + + потери, %				Не допус- кается

## Лабораторная работа №2 «Определение физико-химических свойств дизельных топлив»

### Цель работы:

1. Оценка испытуемого образца дизельного топлива по внешним признакам (прозрачность, цвет, запах, наличие воды и видимых невооруженным глазом механических примесей).
2. Определение кинематической вязкости испытуемого образца дизельного топлива при температуре +20 °С.
3. Определение плотности испытуемого образца дизельного топлива при температуре +20 °С.
4. Определение температуры помутнения и застывания.
5. Установление по имеющимся данным марки испытуемого образца топлива, его соответствия ГОСТу (или ТУ) и оформление заключения о пригодности данного образца топлива для двигателей автомобилей (см. Приложение, табл. 5 и 6).

*Работа производится в вытяжном шкафу!*

*Оборудование и реактивы:* цилиндр емкостью 100 см<sup>3</sup>, набор ареометров, термометр, термостат, резиновая трубка с грушей, секундомер, прибор для определения температуры помутнения топлива, охлаждающая смесь, образец дизельного топлива, серная кислота.

### 1. Оценка дизельного топлива по внешним признакам

При оценке дизельных топлив по внешним признакам используют методы, рассмотренные применительно к оценке бензинов в лабораторной работе № 1. Дополнительно необходимо отметить некоторые характерные особенности, относящиеся к цвету и запаху топлив.

Все дизельные топлива окрашены, что обусловлено наличием в них растворенных смол. В зависимости от природы и количества смол цвет топлива, определяемый в стеклянном цилиндре диаметром 40... 55 мм, изменяется от желтого до светло-коричневого. Чем меньше интенсивность окраски топлива, т.е. чем оно светлее, тем меньше в нем смолистых веществ и тем выше его качество.

В большинстве случаев дизельные топлива имеют не резко выраженный запах, типичный для многих нефтепродуктов (за исключением бензинов и керосинов). Зимние и особенно арктические сорта дизельных топлив мало отличаются по фракционному составу от керосинов, поэтому по запаху они могут быть схожи с керосинами.

После оценки испытуемого образца по внешним признакам необходимо сравнить его с имеющимися в лаборатории пробами стандартных дизельных топлив и дать предварительное заключение о его принадлежности к той или иной марке дизельного топлива.

### 2. Определение наличия механических примесей и воды

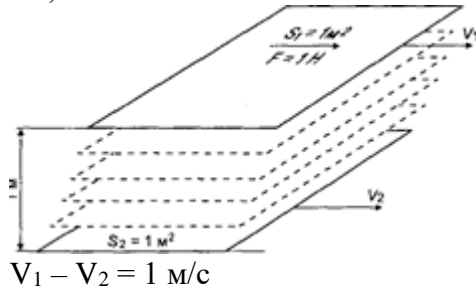
Определение наличия механических примесей и воды производится аналогично материалу, изложенному в лабораторной работе 1.

### 2.3. Определение кинематической вязкости при 20 °С (ГОСТ 33-2000)

*Вязкостью* называется свойство жидкости оказывать сопротивление при сдвиге или скольжении ее слоев. Препятствие перемещению слоев жидкости создают силы межмолекулярного притяжения. Внешне вязкость проявляется в степени подвижности: чем меньше вязкость, тем жидкость подвижнее, и наоборот. Величину вязкости выражают в единицах *динамической* или *кинематической* вязкости.

На рис. 1 показана схема, которая иллюстрирует понятие динамической вязкости. Из рисунка видно, что слои жидкости площадью  $1 \text{ м}^2$  находятся на расстоянии  $1 \text{ м}$  и перемещаются относительно друг друга со скоростью  $1 \text{ м/с}$  и при этом оказывают сопротивление силой  $1 \text{ Н}$ . Такое сопротивление соответствует динамической вязкости  $1 \text{ Па}\cdot\text{с}$  или  $1 \text{ Н}\cdot\text{с/м}^2$ . На практике, как правило, пользуются кинематической вязкостью, которая характеризует эксплуатационные свойства топлив и масел в зависимости от температуры и позволяет решать вопрос о пригодности нефтепродуктов для данного двигателя и о надежности его работы на всех возможных режимах эксплуатации. Кинематическую вязкость определяют по ГОСТу 33—2000 в капиллярном вискозиметре (рис. 2) по времени перетекания определенного объема жидкости (от метки А до метки Б) под действием силы тяжести при заданной температуре. Чем больше время перетекания жидкости через капилляр, тем выше ее вязкость. Кинематическую вязкость  $\nu$ ,  $\text{мм}^2/\text{с}$ , рассчитывают по формуле:  $\nu = c \cdot t$ ,

где  $c$  - калибровочная постоянная вискозиметра,  $\text{мм}^2/\text{с}$ ;  $t$  - время протекания жидкости, с.



$$V_1 - V_2 = 1 \text{ м/с}$$

Рис. 1. Схема взаимного смещения слоев жидкости при определении вязкости

Зависимость между кинематической вязкостью и динамической выражается формулой:  $\eta = \nu \cdot \rho \cdot 10^{-3}$ ,

где  $\eta$  - динамическая вязкость жидкости,  $\text{МПа}\cdot\text{с}$ ;  $\rho$  - плотность жидкости при той же температуре, при которой определялась кинематическая вязкость,  $\text{кг/м}^3$ .

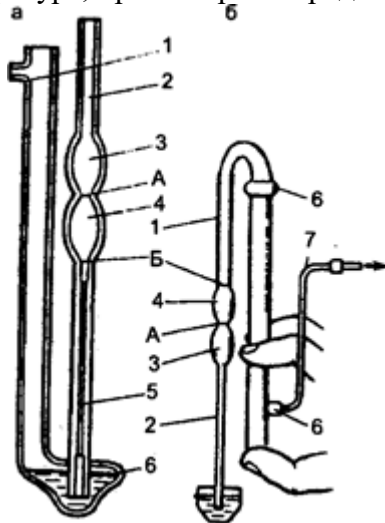


Рис. 2. Заполнение жидкостью вискозиметра: а – ВПЖ-2; б – Пинкевича;

1 - широкое колено; 2 - узкое колено; 3, 4, 6 - расширительные емкости;

5 — резиновая рубка; 7 - полый отросток; А - верхняя метка; Б - нижняя метка

Для определения вязкости нефтепродуктов используются капиллярные вискозиметры различных типов. Наибольшее распространение получили вискозиметр ВПЖ-2 и вискозиметр Пинкевича (рис. 2.). Капиллярный вискозиметр представляет собой U-образную трубку с тремя расширениями, в узкое колено которой впаян капилляр. Вискозиметры выпускают с разными диаметрами капилляра (0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; до 4,0 мм). При выборе диаметра вискозиметра необходимо исходить из того, чтобы время истечения топлива находилось в пределах не менее 200 секунд (ГОСТ 33-2000). Над капилляром помещены два расширения, между которыми и над капилляром имеются кольцевые метки.

Нижнее расширение служит резервуаром, куда перетекает жидкость при определении вязкости. Оно расширено с той целью, чтобы высота столба жидкости, под действием которого происходит истечение, оставалась примерно постоянной. В верхней части высокого колена имеется патрубок, который служит для присоединения резиновой груши. На верхних расширениях нанесены номер вискозиметра и номинальный диаметр капилляра. На каждый экземпляр вискозиметра должен иметься паспорт, в котором указывается постоянная вискозиметра «С» в  $\text{мм}^2/\text{с}^2$ .

Для заполнения вискозиметра топливом на боковой отвод его надевают резиновую трубку с грушей, переворачивают на  $180^\circ$  и погружают узкое колено в стаканчик с испытуемым топливом. Закрыв пальцем отверстие широкого колена, топливо с помощью груши засасывают в узкое колено вискозиметра до метки между капилляром и расширением. После этого вискозиметр переворачивают в нормальное положение и тщательно обтирают узкое колено от топлива.

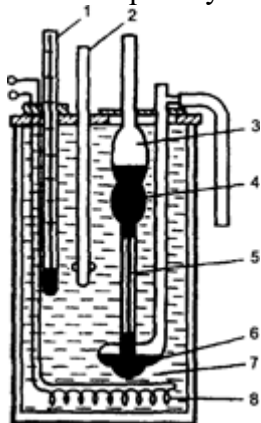


Рис. 3. Прибор для определения вязкости нефтепродуктов.

1 — термометр; 2 мешалка; 3, 4, 6 — расширения вискозиметра;

5 — капилляр вискозиметра; 7 термостат (баня); 8 — электроподогреватель

Используемые в работе вискозиметры представляют собой очень хрупкие и дорогие приборы. В связи с этим при работе с ними надо проявлять максимум осторожности: держать и закреплять их следует только за одно колено. Наиболее часто поломка вискозиметров происходит при надевании и снятии резиновой трубки, поэтому при этой операции нужно держать их именно за то колено, на которое надевается или снимается резиновая трубка.

Затем вискозиметр погружают в термостат (баню) так, чтобы шарик вискозиметра оказался полностью в термостатной жидкости (рис. 3). Выдерживают вискозиметр в термостате не менее 15 мин при температуре  $20^\circ\text{C}$ , которую нужно поддерживать в течение всего опыта с точностью  $\pm 0,3^\circ\text{C}$ . При заполнении и выдерживании вискозиметра в нем не должно образовываться разрывов и пузырьков воздуха. Затем, не вынимая вискозиметр из термостата, при помощи резиновой груши создают разрежение в трубке 7 (см. рис. 2.2), медленно набирая в шарик 3 несколько выше метки А топливо (из расширения 6).

Для заполнения термостата применяют следующие жидкости: при температуре  $100^\circ\text{C}$  - нефтяное прозрачное масло или глицерин, при  $50^\circ\text{C}$  - воду, при  $0^\circ\text{C}$  - смесь воды со льдом, при более низких температурах — этиловый спирт с твердой углекислотой.

Подняв топливо выше метки А, отсоединяют резиновую грушу и наблюдают за перетеканием топлива через капилляр 5 и расширение 6. В момент достижения уровня топлива метки А включают секундомер, а в момент прохождения уровня метки Б его останавливают. Замер времени производят с точностью до 0,1 с. С той же порцией топлива испытание проводят несколько раз. Необходимо получить пять результатов времени истечения топлива, максимальная разность между которыми не должна превышать 1 % от абсолютного значения одного из них.

Затем вычисляют кинематическую вязкость при температуре  $+20^\circ\text{C}$  по формуле:  $\nu_{20} = c \cdot t_{\text{ср.}}$ , где  $c$  - постоянная вискозиметра (указана в паспорте вискозиметра),  $\text{мм}^2/\text{с}^2$ ;  $t_{\text{ср.}}$  -

среднее арифметическое из пяти значений времени истечения испытуемой жидкости, с. Вычисленное значение  $\eta_{20}$  округляют с точностью до третьего знака.

#### 4. Определение плотности испытуемого образца дизельного топлива при температуре +20 °C (ГОСТ 3900-85)

Плотность дизельного топлива определяют так же, как плотность бензина (см. лабораторную работу № 1):

$$\rho_{20} = \rho_t + \gamma (t - 20).$$

Полученные данные заносят в таблицу 1:

Таблица 1. Результаты определения плотности дизельного топлива

Показания ареометра	Температура топлива, °C	Температурная поправка, g, кг/(м <sup>3</sup> ×°C)	Плотность топлива $\rho$ при +20 °C, г/см <sup>3</sup>
---------------------	-------------------------	--	--

#### 2.5. Определение температур помутнения и застывания (ГОСТ 20287-91)

Основные нарушения в системе подачи топлива при низких температурах связаны с температурой помутнения и застывания топлива. В отличие от бензинов, в дизельных топливах может находиться довольно много углеводородов с высокой температурой плавления, в первую очередь парафиновых (алканов). При понижении температуры наиболее высокоплавкие углеводороды выпадают из топлива в виде кристаллов различной формы, топливо мутнеет.

Для обеспечения бесперебойной подачи топлива необходимо, чтобы температура помутнения топлива была ниже температуры воздуха, при которой эксплуатируется машина.

При дальнейшем охлаждении топлива кристаллы высокоплавких углеводородов начинают соединяться, образуя пространственную решетку, в ячейках которой остаются жидкие углеводороды. Затем образующаяся структура настолько упрочняется, что топливо теряет текучесть - застывает.

Наивысшая температура, при которой топливо теряет прозрачность, называется *температурой помутнения*. Температурой *застывания* считается температура, при которой налитое в пробирку дизельное топливо при охлаждении в определенных условиях не изменяет положения мениска в течение 1 мин при наклоне пробирки под углом 45° от вертикали (ГОСТ 20287-91).

Температура застывания дизельного топлива — величина условная и служит лишь ориентиром для определения условий применения топлива.

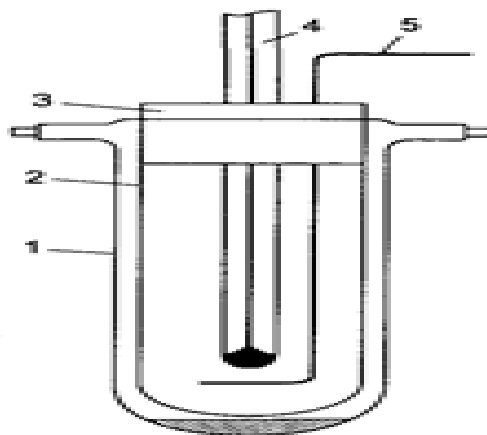


Рис. 4. Прибор для определения температуры помутнения и застывания топлива:

1 — пробирка наружная; 2 — пробирка внутренняя; 3 — пробка; 4 — термометр; 5 — мешалка

Сущность определения температуры помутнения топлива заключается в глубоком его охлаждении и визуальном наблюдении за изменением его состояния. Температура застывания определяется при глубоком охлаждении топлива до состояния потери подвижности.

Порядок выполнения опыта:

1. Испытуемое топливо тщательно перемешивают и наливают во внутреннюю пробирку до метки (40 мм от дна нанесена метка). Пробирку закрывают корковой пробкой с термометром. Термометр вставляют так, чтобы его ртутный шарик находился в пробирке на расстоянии 15 мм от дна и равном расстоянии от стенок.

2. Наливают испытуемое топливо в другую пробирку, которую используют в качестве эталона прозрачности.

3. Заполняют сосуд прибора охлаждающей смесью, уровень которой поддерживают на 30—40 мм выше уровня топлива в пробирке. Температура охлаждающей смеси при испытании все время должна быть на  $15 \pm 2$  °С ниже температуры испытуемого топлива.

4. Укрепляют внутреннюю пробирку с топливом и термометром во внешней пробирке. Во избежание запотевания внутренних стенок между пробирками заливают серную кислоту в количестве 0,5—1,0 мл.

5. Помещают собранный прибор в охлаждающую смесь. Топливо во время охлаждения необходимо непрерывно перемешивать.

6. За 5 °С до ожидаемой температуры помутнения пробирку вынимают из охлаждающей смеси, быстро вытирают ватой, смоченной спиртом, и сравнивают с эталоном. Продолжительность определения сравнения не более 12 с.

7. Если топливо по сравнению с прозрачным эталоном не изменилось, то пробирку снова опускают в сосуд прибора и дальнейшее наблюдение производят через каждый градус, понижая температуру топлива. Эти сравнительные наблюдения с прозрачным эталоном производят до тех пор, пока топливо не станет отличаться от эталона, т. е. когда в нем появится муть. При определении температуры помутнения неизвестного образца топлива сначала устанавливают значения этих температур приблизительно путем наблюдения за состоянием топлива через каждые 5 °С.

8. Для определения температуры застывания топлива в соответствии с пунктами 1 и 2 подготавливают прибор с испытуемым обезвоженным (с помощью свежeproкаленного хлористого кальция) топливом. Подготовленный прибор помещают в сосуд с охлаждающей смесью. Температура охлаждающей смеси должна быть на 5 °С ниже предполагаемой температуры застывания топлива.

9. Не вынимая из охлаждающей смеси, наклоняют прибор под углом 45° и держат в таком положении в течение одной минуты, до тех пор, пока испытуемое топливо в пробирке примет температуру, соответствующую температуре его застывания.

10. Вынимают пробирку из охлаждающей смеси, протирают стенки ватой, смоченной в спирте, и наблюдают, не сместился ли мениск топлива. Если мениск не сместился, то топливо остается застывшим, и наоборот. Если температура топлива неизвестна даже приблизительно, испытание по смещению мениска проводят через каждые 5 °С понижения температуры топлива. Температуру смеси в этом случае поддерживают на 4—5° ниже температуры топлива. После проведения испытания прибор и рабочее место приводят в первоначальное положение.

#### *6. Определение цетанового числа*

На основании результатов измерения, используя эмпирическую формулу, определите цетановое число:

$$ЦЧ = (v_{20^{\circ}C} + 17,8) \frac{1,5879}{\rho_{20^{\circ}C}},$$

где  $v_{20^{\circ}C}$  — кинематическая вязкость при 20°С, мм<sup>2</sup>/с;

$\rho_{20^{\circ}C}$  — плотность, г/см<sup>3</sup>.

#### *7. Составление отчета*

По результатам проведенных опытов заполняют таблицу 2.

Таблица 2. Отчет о лабораторной работе по оценке качества дизельного топлива

Наименование показателей	По ГОСТ	Полученные на основании проведенных анализов
Цвет		
Механические примеси и вода		
Плотность, кг/м <sup>3</sup> при 20 °С		
Вязкость кинематическая при 20 °С, мм <sup>2</sup> /с		
Температура застывания, °С, не выше		
Температура помутнения, °С, не выше		
Заключение о пригодности образца к применению		

На основании данных анализа топлива определяют возможные области его применения (сезонные, климатические).

**Критерии оценки лабораторных работ:**

Студент должен выполнить две лабораторные работы.

Максимально 16 баллов – за полностью решенные и грамотно оформленные практические работы;

Минимально 9 баллов – за неполный ответ с допущением грубых ошибок.



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

**Комплект заданий для практических работ (9 семестр)**

по дисциплине Б1.В.ДВ.9.2 Технология нефти и газа

Практическая работа №1 «Расчеты основных процессов переработки газа»

Рассчитать установку осушки газа

---

Порядок технологического расчета абсорбера следующий:

1. По рис. 5.1 с учетом относительной плотности осушаемого газа  $\rho$  и содержания солей в растворе абсорбента  $C$  определяют при давлении газа  $P_r$  и температурах газа  $t_r$  и требуемой точки росы осушенного газа  $t_{o,r}$  влажность газа на входе в абсорбер  $W_r$  и на выходе из него  $W_{o,r}$ .

2. Определяют количество влаги, удаленной из газа в абсорбере:

$$W_a = W_r - W_{o,r}, \quad (5.4)$$

$$W_{aG} = W_a \cdot G_r. \quad (5.5)$$

3. По рис. 5.3 определяют массовую концентрацию регенерированного абсорбента  $X_p$  при средней температуре контакта  $t_a$  и требуемой точке росы осушенного газа  $t_{o,r}$ . Массовая концентрация насыщенного абсорбента  $X_n$  выбирается исходя из практических соображений, а затем проверяется по расчету регенерации абсорбента ( $X_n \approx 96\% \text{ мас.}$ ).

4. Для построения рабочей линии в абсорбере рассчитывают относительные мольные концентрации:

а) воды в регенерированном абсорбенте:

$$X'_p = \frac{(1 - X_p) \cdot M_{\text{глик}}}{18 \cdot X_p}, \quad (5.6)$$

где  $M_{\text{глик}}$  – молекулярная масса гликоля;

б) воды в насыщенном абсорбенте:

$$X'_n = \frac{(1 - X_n) \cdot M_{\text{глик}}}{18 \cdot X_n}, \quad (5.7)$$

где  $M_{\text{глик}}$  – молекулярная масса гликоля;

б) воды в насыщенном абсорбенте:

$$X'_n = \frac{(1 - X_n) \cdot M_{\text{глик}}}{18 \cdot X_n}; \quad (5.7)$$

в) воды в газе на входе в абсорбер:

$$Y'_r = \frac{W_r}{18} \cdot 22,4 = 1,24 \cdot W_r; \quad (5.8)$$

г) воды в газе на выходе из абсорбера:

$$Y'_{o.r} = \frac{W_{o.r}}{18} \cdot 22,4 = 1,24 \cdot W_{o.r}. \quad (5.9)$$

На основании этих расчетов определяют координаты рабочей линии: точки  $A(X'_p, Y'_{o.r})$  и точки  $B(X'_n, Y'_r)$ .

5. По уравнению материального баланса рассчитывают необходимое количество регенерированного абсорбента и кратность циркуляции абсорбента  $l$ :

$$L = \frac{G(y'_r - y'_{o.r})}{X'_n - X'_p}, \quad (5.10)$$

$$L_g = L \cdot M_{\text{глик}}, \quad (5.11)$$

$$l = L_g / W_{aG}. \quad (5.12)$$

6. Для построения кривой равновесия произвольно задаются рядом концентраций абсорбента  $X$ , охватывающих имеющиеся концентрации от  $X_p$  до  $X_n$ , а также определяют относительные мольные концентрации воды в абсорбенте  $X'$  (п. 4, а); точки росы газа для принятых концентраций  $X$  и средней температуры контакта  $t_a$  (рис. 5.3); влагосодержание газа (п. 1) и относительные мольные концентрации воды в газе  $Y'$  (п. 4, в).

7. В координатах  $X'-Y'$  строят рабочую линию  $AB$ , линию равновесия и ступенчатую линию (рис. 5.4). По ступенчатой линии определяют число теоретических тарелок в абсорбере  $n$  (для рис. 5.4  $n = 4$ ).

8. Определяют число практических тарелок  $n_p$  в абсорбере по формуле:

$$n_p = \frac{n}{\eta}, \quad (5.13)$$

где  $\eta$  – к.п.д. тарелок ( $\eta = 0,25-0,40$ ).

7. Определяют диаметр абсорбера  $D$  по формуле:

$$D = 1,128 \sqrt{\frac{V_r}{W_{\text{доп}}}}, \quad (4.7)$$

где  $V_r$  – производительность абсорбера по газу,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $W_{\text{доп}}$  – допустимая скорость движения газа в свободном сечении абсорбера,  $\text{м}/\text{с}$  ( $W_{\text{доп}} = 0,2\text{--}0,5 \text{ м}/\text{с}$ ).

Если рассчитанный диаметр абсорбера не совпадает с нормализованным значением, то принимают ближайший больший диаметр. Нормализованные диаметры имеют следующие значения,  $\text{м}$ : 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,4; 2,6; 2,8; 3,0; 3,2; 3,4; 3,6; 3,8; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,4; 7,0; 8,0; 9,0.

8. Определяют высоту абсорбера  $H$  по формуле:

$$H = h_{\text{в}} + h_{\text{тар}} + h_{\text{п}} + h_{\text{н}}, \quad (4.8)$$

где  $h_{\text{в}}$  – высота от верхнего штуцера до верхней тарелки,  $\text{м}$ ;  $h_{\text{в}}$  равна  $1/2$  диаметра абсорбера, если днище шаровое (диаметр абсорбера более 4 м), и  $1/4$  диаметра, если днище эллиптическое;  $h_{\text{тар}}$  – высота, занятая тарелками;  $h_{\text{тар}} = a(n_p - 1)$ , где  $a = 0,6 \text{ м}$  для абсорберов диаметром до 6 м и  $a = 0,8$  для абсорберов диаметром более 6 м;  $n_p$  – число практических тарелок (см. п. 6);  $h_{\text{п}}$  – высота зоны питания абсорбера;  $h_{\text{п}} = 1,5\text{--}2,5 \text{ м}$ ;  $h_{\text{н}}$  – высота низа абсорбера, определяется исходя из 5–10-минутного запаса насыщенного абсорбента внизу абсорбера, необходимого для нормальной работы насоса или перетока в десорбер, по формуле:

$$h_{\text{н}} = \frac{4 \cdot \gamma_0 \cdot \tau}{\pi D^2}, \text{ м}, \quad (4.9)$$

где  $\gamma_0$  – производительность насоса,  $\text{м}^3/\text{мин}$ ;  $\tau$  – запас абсорбента,  $\text{мин}$ ;  $D$  – диаметр абсорбера,  $\text{м}$ .

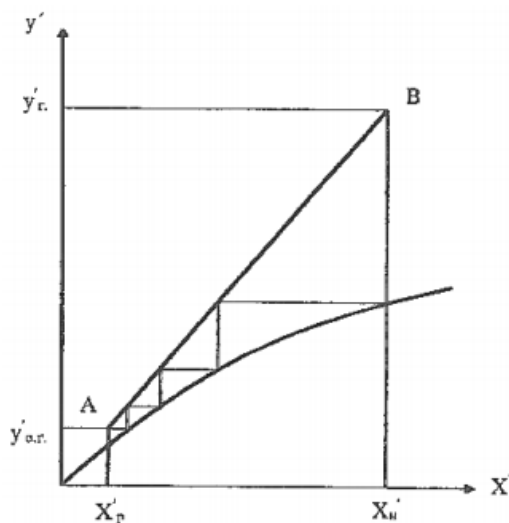


Рис. 5.4. Графическое определение числа теоретических тарелок в абсорбере

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Производительность установки $G_r$	10000	12000	30000	2000	50000	3000	5000	5500	3200
Относительная плотность осушаемого газа $\rho$	0,6	0,8	0,7	0,75	1,2	0,9	1,4	1,6	0,8
Содержание солей в растворе абсорбента	20	30	25	10	5	30	20	15	10

С									
Требуемая точка росы $t_{o,p}$	-40								
Давление газа, $P_r$	0,6	0,4	0,6	0,6	0,2	0,8	0,8	0,2	0,6
Температура газа $t_r$	10	150	90	30	60	120	10	120	150
Средняя температура контакта при абсорбции	10								

**Критерии оценки практической работы:**

Студент должен выполнить одну практическую работу.

Максимально 10 баллов – за полностью решенные и грамотно оформленные практические работы;

Минимально 6 баллов – за неполный ответ с допущением ошибок.

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

**Комплект заданий для групповых дискуссий (9 семестр)**

по дисциплине Б1.В.06 Технология нефти и газа

Групповая дискуссия №1 «Определение физико-химических свойств бензинов»

1. Что такое плотность вещества, как ее определяют?
2. Как зависит плотность от температуры?
3. В каких пределах находится плотность бензинов?
4. Каким показателем оценивается наличие органических кислот в топливе?
5. Что такое фракционный состав топлива и как он определяется?
6. Какое свойство топлива характеризует фракционный состав?
7. Какие свойства топлив характеризует температура 10%, 50% и 90% отгона?
8. Каковы технические требования ГОСТа к фракционному составу бензина?
9. Перечислите марки бензинов

Групповая дискуссия №2 «Определение физико-химических свойств дизельных топлив»

1. Что такое динамическая и кинематическая вязкость?
2. Как влияет вязкость на эксплуатационные свойства дизельных топлив?
3. Дайте определение температуры помутнения и застывания топлива.
4. В чем заключается физическая сущность помутнения и застывания топлива?
5. В чем заключается эксплуатационная оценка дизельного топлива по температуре помутнения и застывания?
6. При какой температуре наружного воздуха может применяться данный образец топлива?
7. Перечислите марки дизельных топлив.

**Критерии оценки групповых дискуссий:**

Студент должен участвовать в двух групповых дискуссиях.

Максимально 4 баллов – за полностью решенные и грамотно оформленные практические работы;

Минимально 3 баллов – за неполный ответ с допущением ошибок.

\

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

**Комплект вопросов для контрольной работы (9 семестр)**

по дисциплине Б1.В.06 Технология нефти и газа

**4 курс**

Сырьевая база газоперерабатывающей промышленности  
Осушка газа  
Очистка газа от сероводорода, диоксида. Углерода и сероорганических соединений  
Переработка газа методом конденсации  
Переработка газа методом абсорбции  
Переработка газа методом низкотемпературной ректификации  
Области применения различных процессов переработки газа  
Абсорбционные и ректификационные колонны

**Критерии оценки контрольной работы:**

Студент должен сдать 1 контрольную работу:

Максимально 30 баллов – за полный, развернутый ответ на поставленный вопрос;  
минимально 18 баллов – за неполный ответ с допущением ошибок.

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

**Комплект вопросов для экзамена (9 семестр)**

1. Физико-химические свойства природного газа и газоконденсата
2. Технические требования к газам
3. Виды месторождений
4. Производство серы.
5. Технологические схемы добычи газа.
6. Низкотемпературные процессы переработки
7. Технологические схемы добычи газового конденсата
8. Каталитические процессы
9. Технологические схемы процессов переработки газа, газового конденсата и нефти
10. Газофракционирующие установки (ГФУ)
11. Очистка газа от сероводорода и сероорганических соединений
12. Установка стабилизации газового конденсата
13. Установка АВТ.
14. Осушка газа
- 15 Сырьевая база газоперерабатывающей промышленности
16. Переработка газа методом конденсации
17. Переработка газа методом абсорбции
18. Переработка газа методом низкотемпературной ректификации
19. Области применения различных процессов переработки газа
20. Абсорбционные и ректификационные колонны

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

**Комплект тем курсовых работ**

по дисциплине Б1.В.06 «Технология нефти и газа»

Примерные темы курсового проекта:

Рассчитать и спроектировать:

1. реакторный блок установки получения изопентана изомеризацией н-пентана мощностью 130 тысяч тонн в год
2. узел атмосферной перегонки нефти мощностью 8500 тысяч тонн в год
3. реакторный блок установки получения дивинила окислительным дегидрированием бутана мощностью 140 тысяч тонн в год
4. реакторный блок установки получения этиленгликоля гидратацией окиси этилена мощностью 100 тысяч тонн в год
5. узел разделения изопрен-изоамиленовой фракции мощностью 45 тысяч тонн в год
6. узел фракционирования газового конденсата мощностью 1450 тысяч тонн в год
7. реакторный блок установки получения триметилкарбинола гидратацией изобутиленсодержащих фракций мощностью 140 тысяч тонн в год
8. реакторный блок установки получения метилтретбутилового эфира алкилированием метанола изобутиленом мощностью 125 тысяч тонн в год
9. реакторный блок установки получения компонента моторного топлива марки КАТ-К алкилированием метанола изоамилен-пипериленовой фракцией мощностью 38 тысяч тонн в год
10. реакторный блок установки висбрекинга гудрона мощностью 2100 тысяч тонн в год
11. реакторный блок получения элементарной серы Клаус-методом мощностью 40 тысяч тонн в год по кислым газам
12. реакторный блок установки получения стирола дегидратацией метилфенилкарбинола мощностью 210 тысяч тонн в год
13. реакторный блок установки получения формальдегида аэробным окислением метанола мощностью 140 тысяч тонн в год
14. реакторный блок установки получения бензола гидродеалкилированием фракции С6-С8 пиролизной фракции мощностью 240 тысяч тонн в год

**Требования к содержанию курсовой работы**

Курсовая работа должна иметь следующее содержание:

Введение.....

Теоретические основы проектируемого производства.....

1.1 Сведения об отечественных и зарубежных производителях.....

1.2 Техничко-экономическое сравнение существующих методов производства.....

1.3 Химические и физико-химические основы производства.....

1.4 Физико-химические и теплофизические свойства исходных веществ, промежуточных, целевых и побочных продуктов.....

Технологические основы проектируемого производства.....

2.1 Основные стадии и технологические операции.....



- 2.2 Характеристика сырья, целевых и побочных продуктов, вспомогательных материалов и энергоносителей.....
  - 2.3 Описание технологической схемы производства.....
  - 2.4 Аналитический контроль производства.....
  - Технологические расчеты проектируемого производства.....
  - 3.1 Материальный баланс установки.....
  - 3.2 Расчеты и выбор технологического оборудования.....
  - 3.3 Расчет количества технологического оборудования.....
  - 3.4 Моделирование и оптимизация технологического узла.....
  - 3.5 Механический расчет основного аппарата.....
  - 3.6 Тепловой баланс реактора.....
- Объем отчета составляет 40-50 страниц машинописного текста формата А4.

### **Защита курсовой работы**

На основании курсовой работы составляется устный доклад, раскрывающий основные цели и задачи, методику лабораторных исследований, результаты проведенной работы. Заслушивание докладов проходит в кабинете 38 Б института за работой круглого стола.

### **Правила оформления курсовой работы**

Оформляется отчет по требованиям, предъявляемым к текстовым документам [ЕСКД ГОСТ 2.105 - 95]. Текстовые документы выполняются с применением ЭВМ (шрифт 14 размера, Times New Roman, межстрочный интервал - одинарный).

### **Критерии оценки курсовой работы:**

Характеристика ответа	Баллы
Курсовая работа составлена грамотно, полностью раскрыты основные термины, понятия, логично изложен основной материал работы. Дан полный, развернутый ответ на поставленные вопросы. Ответ формулируется в терминах науки, изложен литературным языком, логичен, доказателен, демонстрирует авторскую позицию студента.	96-100
В курсовой работе дан полный, но недостаточно последовательный ответ на поставленный вопрос, но при этом показано умение выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Ответ логичен и изложен в терминах науки. Могут быть допущены 1–2 ошибки в определении основных понятий, которые студент затрудняется исправить самостоятельно.	75-96
Дан неполный ответ, логика и последовательность изложения имеют существенные нарушения. Допущены грубые ошибки при определении сущности раскрываемых понятий, теорий, явлений, вследствие непонимания студентом их существенных и несущественных признаков и связей. В ответе отсутствуют выводы. Умение раскрыть конкретные проявления обобщенных знаний не показано. Речевое оформление требует поправок, коррекции.	60-75
Дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Студент не осознает связь данного понятия, теории, явления с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины. Не получены ответы по базовым вопросам дисциплины.	0-60

