

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



УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по УР  
Н.И. Никифорова  
« 13 » 05 2023 г.

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по дисциплине (модулю)

**Б1.В.09 Нефтехимический синтез**

(наименование дисциплины)

**18.03.01 «Химическая технология»**

(код и наименование направления подготовки)

Профили подготовки: «Химическая технология органических веществ»  
«Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов»

бакалавр

квалификация

очная (ХТОВ), очно-заочная (ХТОВ), заочная (ХТОВ, ХТПЭУМ)

форма обучения

Нижекамск, 2023 г.

Составитель ФОС:

доцент кафедры Нефтехимического синтеза  
(должность)

  
(подпись)

С.В. Вдовина  
(Ф.И.О)

ФОС рассмотрен и одобрен на заседании кафедры Нефтехимического синтеза,  
протокол от 12 апреля 2023 г. № 8

Зав. кафедрой

  
(подпись)

Р.З. Агзамов  
(Ф.И.О)

Эксперт:

Ответственный за ООП, разработчик учебного плана

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**

**Компетенция (профиль ХТОВ):**

ПК-5 Способен к проведению научно-исследовательских работ в области химии и технологии органических веществ.

**Индикаторы достижения компетенции:**

5.1 Знает химию и технологию органических веществ, новейшие достижения в этой области науки и техники, историю развития конкретной научной проблемы; современные методы исследования и средств исследования свойств и структур органических веществ; основные поисковые системы для работы с научно-технической информацией.

5.2 Умеет осуществлять поиск, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации по теме исследования; формулировать цели и задачи исследования; определять объект и предмет исследования; проводить обоснование актуальности выбранной темы и характеристики современного состояния изучаемой проблемы; обрабатывать полученные результаты, планировать и проводить химические эксперименты, анализировать и представлять их в виде законченных научно-исследовательских разработок; формулировать и разрешать задачи, возникающие в ходе выполнения научно-исследовательской работы; выбирать необходимые методы исследования, исходя из задач конкретного исследования; составлять отчет о научных исследованиях; пользоваться физико-химическими методами установления строения органических веществ; пользоваться набором компьютерных программ для обработки полученных результатов.

5.3 Владеет основными понятиями и знаниями в области химии и технологии органических веществ; современными информационными технологиями при проведении научных исследований, конкретными программными продуктами и информационными ресурсами; навыками проведения научных исследований и технических разработок; методами контроля технологических процессов и аналитической стандартизации качества органических продуктов с использованием физико-химических методов; навыками самостоятельной работы, способами проведения научных обсуждений, навыками выступлений с научными докладами; оценки полученных результатов.

<b>Индикаторы достижения компетенции</b>	<b>Этапы формирования в процессе освоения дисциплины</b>				<b>Наименование оценочного средства</b>
	<b>Лекции</b>	<b>Практические занятия, лабораторный практикум</b>	<b>Лабораторные занятия</b>	<b>Курсовой проект (работа)</b>	
ПК-5.1	Темы 1-7	Темы 2-7	Темы 2-7	Не предусмотрены	Лабораторные работы, практические задания, контрольная работа, тест, экзамен
ПК-5.2	Темы 1-7	Темы 2-7	Темы 2-7	Не предусмотрены	
ПК-5.3	Темы 1-7	Темы 2-7	Темы 2-7	Не предусмотрены	

**Компетенция (профиль ХТПЭУМ):**

ПК-5 Способен к проведению научно-исследовательских работ в области нефтехимического синтеза.

**Индикаторы достижения компетенции:**

5.1 Знает химию и технологию переработки нефти и газа, новейшие достижения в этой области науки и техники, историю развития конкретной научной проблемы; современные методы исследования и средств исследования свойств и структур органических веществ; основные поисковые системы для работы с научно-технической информацией

5.2 Умеет осуществлять поиск, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации по теме исследования; формулировать цели и задачи исследования; определять объект и предмет исследования; проводить обоснование актуальности выбранной темы и характеристики современного состояния изучаемой проблемы; обрабатывать полученные результаты, планировать и проводить химические эксперименты, анализировать и представлять их в виде законченных научно-исследовательских разработок; формулировать и разрешать задачи, возникающие в ходе выполнения научно-исследовательской работы; выбирать необходимые методы исследования, исходя из задач конкретного исследования; составлять отчет о научных исследованиях; пользоваться физико-химическими методами установления строения органических веществ; пользоваться набором компьютерных программ для обработки полученных результатов

5.3 Владеет основными понятиями и знаниями в области химии и технологии переработки нефти; современными информационными технологиями при проведении научных исследований, конкретными программными продуктами и информационными ресурсами; навыками проведения научных исследований и технических разработок; методами контроля технологических процессов и аналитической стандартизации качества органических продуктов с использованием физико-химических методов; навыками самостоятельной работы, способами проведения научных обсуждений, навыками выступлений с научными докладами; оценки полученных результатов

<i><b>Индикаторы достижения компетенции</b></i>	<i><b>Этапы формирования в процессе освоения дисциплины</b></i>				<i><b>Наименование оценочного средства</b></i>
	<i><b>Лекции</b></i>	<i><b>Практические занятия, лабораторный практикум</b></i>	<i><b>Лабораторные занятия</b></i>	<i><b>Курсовой проект (работа)</b></i>	
ПК-5.1	<i>Темы 1-7</i>	<i>Темы 2-7</i>	<i>Темы 2-7</i>	<i>Не предусмотрены</i>	<i>Лабораторные работы, практические задания, контрольная работа, тест, экзамен</i>
ПК-5.2	<i>Темы 1-7</i>	<i>Темы 2-7</i>	<i>Темы 2-7</i>	<i>Не предусмотрены</i>	
ПК-5.3	<i>Темы 1-7</i>	<i>Темы 2-7</i>	<i>Темы 2-7</i>	<i>Не предусмотрены</i>	

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

**для очной и очно-заочной форм обучения (ХТОВ)**

<b>Оценочные средства</b>	<b>Кол-во</b>	<b>Min, баллов</b>	<b>Max, баллов</b>
<i>Лабораторная работа</i>	<i>6</i>	<i>3</i>	<i>5</i>
<i>Практическое задание</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>5</i>
<i>Контрольная работа</i>	<i>1</i>	<i>6</i>	<i>10</i>
<i>Тест</i>	<i>1</i>	<i>6</i>	<i>10</i>
<i>Экзамен</i>	<i>1</i>	<i>24</i>	<i>40</i>
<i>Итого:</i>		<i>60</i>	<i>100</i>

**для заочной формы обучения (ХТОВ, ХТПЭУМ)**

<b>Оценочные средства</b>	<b>Кол-во</b>	<b>Min, баллов</b>	<b>Max, баллов</b>
<i>Лабораторная работа</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>6</i>
<i>Практическое задание</i>	<i>2</i>	<i>4</i>	<i>6</i>
<i>Контрольная работа</i>	<i>1</i>	<i>16</i>	<i>30</i>
<i>Экзамен</i>	<i>1</i>	<i>24</i>	<i>40</i>
<i>Итого:</i>		<i>60</i>	<i>100</i>

### *Шкала оценивания*

Цифровое выражение	Выражение в баллах:	Словесное выражение	Критерии оценки индикаторов достижения при форме контроля:	
			экзамен / зачет с оценкой	зачет
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	Оценка «зачтено» выставляется студенту, если ответы на вопросы по темам дисциплины последовательны, логически изложены, допускаются незначительные недочеты в ответе студента, такие как отсутствие самостоятельного вывода, речевые ошибки и пр
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	Оценка «не зачтено» выставляется студенту, если студент не знает основных понятий темы дисциплины, не отвечает на дополнительные и наводящие вопросы преподавателя.

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

Факультет технологический  
Кафедра НХС

Направление подготовки/специальность: 18.03.01 –Химическая технология  
(код и наименование)

Профиль/специализация: «Химическая технология органических веществ»,  
«Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов»,  
(наименование)

Семестр 5,7

**Вопросы для подготовки к экзамену**  
по дисциплине Б1.В.09 Нефтехимический синтез  
(наименование дисциплины)

1. Этапы развития нефтеперерабатывающей промышленности.. Роль нефтехимического синтеза в современном мире.
2. Фракционный и химический состав нефти. Классификации нефтей. Происхождение нефти
3. Содержание алканов и циклоалканов в нефтях. Физико-химические свойства. Использование алканов в нефтехимическом синтезе. Важнейшие промышленные процессы окисления алканов: получение формальдегида и метанола из метана; уксусной кислоты из этана и бутана; высших жирных спиртов и кислот.
4. Реакции галогенирования, сульфирования и сульфохлорирования, нитрования алканов. Нитроалканы как растворители и компоненты топлив.
5. Химизм изомеризации углеводородов. Катализаторы и механизм реакций. Синтез высокооктановых компонентов топлив.
6. Циклогексан – сырье для синтеза капролактама. Получение циклогексанола, циклогексанона и адипиновой кислоты. Синтез капролактама на основе углеводородов других классов.
7. Типы аренов и содержание их в нефтях. Использование аренов в нефтехимическом синтезе. Способы увеличения ресурсов бензола: термическое и каталитическое деалкилирование его гомологов.
8. Толуол – высокооктановая добавка к топливу и сырье для органического синтеза (в плане перспективы замены бензола и *n*-ксилола как исходных в синтезе фенола, капролактама, терефталевой кислоты). Кумол: синтез и окисление.
9. Ксилолы. Ресурсы и пути их увеличения. Окисление ксиолов, катализаторы, механизм их действия. Фталевые кислоты и их значение в производстве волокон и смол. Пластификаторы.
10. Алкены и алкадиены как продукты термической и каталитической переработки нефтяных фрак-ций. Использование непредельных углеводородов в нефтехимическом синтезе. Газообразные олефины: методы выделения и тонкой очистки. Динамика производства, потребления и пути использования олефинов.
11. Значение алкенов и алкадиенов для расширения сырьевой базы мономеров. Сополимеризация олефинов с другими мономерами, новые перспективные полимерные материалы на основе сополимеров алкенов. Синтез олигомеров и полимеров на основе изобутилена.
12. Реакции окисления алкенов. Окислительный аммонолиз – основной метод синтеза акрилонитрила. Гидратация оксида этилена. Этиленгликоль. Новые пути его синтеза. Оксидпропилена, синтез и применение. Аллиловый спирт, глицерин. Окисления этилена в ацеталь-дегид (Вакер-процесс) и уксусную кислоту.
13. Синтез акролеина на основе пропилена. Получение метакриловой кислоты из изобутилена. Эфиры акриловой и метакриловой кислот. Синтез полимеров на их основе. Получение малеинового ангидрида окислением бутена-2. Гидрирование алкенов. Гидратация алкенов в присутствии протонных кислот. Синтез бутиловых спиртов. Прямой синтез ацетона из пропилена. Синтез высших спиртов (процесс Циглера).

14. Реакции алкенов с галогенами и галогеноводородами. Окислительное и заместительное хлорирование. Хлористый винил. Дихлорэтан: практически значимые методы получения и синтеза на его основе. Применение хлоргидринов для синтеза оксидов алкенов.
15. Бутадиен-1,3. Выделение из продуктов переработки нефти. Циклодимеризация и циклоолигомеризация дивинила. Пути использования олигомеров. Синтезы на базе бутадиена. Изопрен. Промышленные способы получения. Высшие диеновые углеводороды
16. Кислородсодержащие соединения нефти. Нафтеновые кислоты и фенолы.
17. Классификация нефти и продуктов переработки твердых горючих ископаемых по содержанию серы и типу серосодержащих органических соединений. Методы обессеривания углеводородсодержащего сырья. Катализаторы этих процессов и механизм их действия. Выделение органических соединений серы из нефти. Синтез индивидуальных серосодержащих органических соединений на базе нефтяного сырья.
18. Азотсодержащие соединения, входящие в состав нефти. Методы выделения и пути использования. Смолисто-асфальтеновые вещества (нейтральные смолы, асфальтены, асфальтогеновые кислоты)
19. Термический крекинг. Вмсбрекинг. Коксование. Пиролиз. Химизм и механизм термических превращений углеводородов и других компонентов нефти.
20. Сырье для пиролиза. Непредельные углеводороды как продукты пиролиза. Возрастающая роль пиролиза в производстве ароматических углеводородов. Расширение сырьевой базы пиролиза. Пиролиз сырой нефти. Гидропиролиз.
21. Синтез-газ. Основные способы его получения. Реакция Фишера-Тропша как способ получения синтетического бензина и ее механизм. Реакция гидроформилирования.
22. Высокотемпературный крекинг метана и других углеводородов для производства ацетилена. Механизм синтеза ацетилена. Способы выделения ацетилена и методы очистки
23. Каталитический крекинг. Гидрокрекинг. Гидроочистка. Каталитический риформинг. Алкилирование. Изомеризация. Химизм и механизм каталитических превращений углеводородов и других компонентов нефти.
24. Основные продукты каталитического крекинга. Катализаторы крекинга. Химизм превращения углеводородов в процессе каталитического крекинга: классификация процессов, схемы превращений углеводородов различных классов.
25. Реакции риформинга: дегидрогенизация, изомеризация, дегидроциклизация. Дигидроконденсация. Суть платформинга. Промоторы катализаторов платформинга: виды, принцип действия, условия применения

Набор утвержденных экзаменационных билетов хранится на кафедре. Каждый экзаменационный билет содержит два теоретических вопроса. Максимальное количество баллов, которое студент может получить за экзамен – 40, из них за один ответ на теоретический вопрос – 20 баллов. Минимальное количество баллов за экзамен – 0 .

Экзамен	Мах 40 баллов
<b>Критерии оценки устных ответов обучающихся</b>	<b>Баллы</b>
<p><b>Демонстрирует полное понимание поставленного вопроса. Дает полный развернутый ответ на основной вопрос. Дает логически обоснованный и правильный ответ на дополнительный вопрос.</b></p> <p><b>Оценка «отлично»</b> выставляется студенту, если он исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает материал, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал рекомендуемой литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.</p> <p><b>Знает:</b> принципы классификации и номенклатуру органических соединений, строение органических соединений, классификацию органических реакций и их механизмы, свойства основных классов органических соединений, основные методы синтеза органических соединений.</p> <p><b>Может:</b> классифицировать органические соединения по строению углеродного скелета и по природе функциональных групп; синтезировать органические соединения; провести качественный и количественный анализ органического</p>	35-40 баллов



соединения с использованием химических и физико-химических методов анализа. <b>Способен:</b> прогнозировать влияние различных факторов на равновесие в химических реакциях, выделять функциональные группы, кислотный и основной центры, сопряженные и ароматические фрагменты в молекулах для определения химического поведения органических соединений;	
<b>Дает достаточно полный ответ, с нарушением последовательности изложения. Отвечает на дополнительный вопрос, но обосновать не может.</b> <b>Оценка «хорошо»</b> выставляется студенту, если он по существу излагает материал, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов. <b>Знает:</b> номенклатуру органических соединений, строение органических соединений, классификацию органических реакций, свойства основных классов органических соединений, основные методы синтеза органических соединений. <b>Может:</b> использовать основные понятия дисциплины при написании химических реакций характерных для определённого класса органических соединений. <b>Способен:</b> выделять функциональные группы, кислотный и основной центры, сопряженные и ароматические фрагменты в молекулах для определения химического поведения органических соединений.	30-34 балла
<b>Дает неполный ответ на основной вопрос. Не дает ответа на дополнительный вопрос.</b> <b>Оценка «удовлетворительно»</b> выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала. <b>Знает:</b> общие принципы наименований органических соединений, некоторые способы получения и химические свойства этих соединений. <b>Может:</b> Составлять схемы химических реакций. <b>Способен:</b> характеризовать в общих чертах поведение органических соединений в определённых условиях.	24-29 баллов
Нет ответа. <b>Оценка «неудовлетворительно»</b> выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями отвечает на вопросы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.	1-23 балла

#### **Общая классификация ошибок**

При оценке знаний и умений учащихся учитываются все ошибки (грубые и негрубые) и недочёты.

**Грубыми считаются ошибки:** незнание определения основных понятий, законов, правил, основных положений теории, незнание формул, общепринятых символов обозначений величин, единиц их измерения; незнание наименований единиц измерения; неумение выделить в ответе главное; неумение применять знания, алгоритмы для решения задач; неумение делать выводы и обобщения; неумение читать и составлять формулы и уравнения реакций; неумение пользоваться первоисточниками, учебником и справочниками; потеря корня или сохранение постороннего корня; отбрасывание без объяснений одного из них; равнозначные им ошибки; вычислительные ошибки, если они не являются опиской; логические ошибки.

**К негрубым ошибкам относятся:** неточность формулировок, определений, понятий, теорий, вызванная неполнотой охвата основных признаков определяемого понятия или заменой одного-двух из этих признаков второстепенными; неточность формулы соединения или уравнения реакции; нерациональный метод решения задачи или недостаточно продуманный план ответа (нарушение логики, подмена отдельных основных вопросов второстепенными); нерациональные методы работы со справочной и другой литературой; неумение решать задачи, выполнять задания в общем виде.

**Недочётами являются:** нерациональные приемы вычислений и преобразований; небрежное выполнение записей, схем реакций.

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

Факультет технологический  
Кафедра НХС

Направление подготовки/специальность: 18.03.01 –Химическая технология  
(код и наименование)

Профиль/специализация: «Химическая технология органических веществ»,  
«Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов»,  
(наименование)

Семестр 5,7

Учебным планом по направлению подготовки 18.03.01 –Химическая технология для обучающихся предусмотрено проведение лабораторных занятий по дисциплине Б1.В.09 Нефтехимический синтез.

Лабораторные занятия по дисциплине проводятся в специально оборудованных лабораториях с применением необходимых средств обучения: лабораторного оборудования, образцов для исследований, методических пособий.

Цель проведения лабораторных работ - практическое освоение теоретических положений лекционного материала, а также выработка студентами определенных умений и навыков самостоятельного экспериментирования.

**Комплект лабораторных работ**  
по дисциплине Б1.В.09 Нефтехимический синтез  
(наименование дисциплины)

Тема № 2

**Лабораторная работа № 1** Выделение насыщенных углеводов нормального строения методом экстрактивной кристаллизации с мочевиной.

Насыщенные углеводы нормального строения образуют с мочевиной кристаллические продукты присоединения (комплексы, аддукты), в то время как насыщенные углеводы изостроения, наftenовые и ароматические углеводы таких комплексов не образуют. Наличие функциональной группы на конце углеводородной цепи не препятствует образованию комплексов углеводов нормального строения с мочевиной. Поэтому способность к образованию продуктов присоединения обнаруживают также карбоновые кислоты, сложные эфиры, галогенпроизводные, кетоны, спирты, амины и т. д., имеющие неразветвленную углеводородную цепь. В комплексах молекулы мочевины за счет водородных связей между кислородом и водородами амидогрупп соседних молекул располагаются в виде спирали. В результате этого образуется канал с поперечными размерами 49 нм, в котором и располагается молекула вещества, образующего комплекс. Комплекс образуют только те вещества, поперечные размеры молекул которых меньше поперечных размеров канала. Количество мочевины, необходимой для полного связывания насыщенных углеводов, зависит от молекулярной массы последних. Для получения комплексов применяют смесь насыщенного водного раствора мочевины с метанолом в соотношении 3,3 1,0 насыщенный метанольный раствор мочевины (в 100 г метанола при 20°C растворяют 21,8 г мочевины) суспензию тонко измельченного порошка мочевины в метаноле, соотношение мочевины метанол = (2—5) 1.

Полную (исчерпывающую) кристаллизацию с мочевиной используют как для выделения насыщенных углеводов нормального строения (сырье для получения белково-витаминных концентратов, спиртов, синтетических жирных кислот и др.), так и для снижения температуры застывания нефтяных фракций (керосиновых и дизельных), повышения октанового числа бензинов прямой перегонки.

*Экспериментальная часть*

К исследуемой исходной фракции керосина добавляют рассчитанное количество мочевины в виде тонко измельченного порошка, спирт (активатор) и петролейный эфир или изооктан (растворитель).

Смесь взбалтывают в толстостенной склянке с плотно закрытой пробкой на механической качалке в течение 20—30 мин, после чего фильтруют на воронке Бюхнера под вакуумом. Осадок промывают охлажденным петролейным эфиром до отсутствия масляного пятна на фильтровальной бумаге при смачивании ее 2—3 каплями фильтрата, после чего осадок плотно отжимают на фильтре и дополнительно — между листами фильтровальной бумаги, доводят до постоянной массы и взвешивают с точностью до 0,01 г.

Кристаллический аддукт растворяют в горячей воде. Всплывший слой насыщенных углеводородов нормального строения отделяют в делительной воронке, сушат над безводным CaCl<sub>2</sub> (минимальное количество), фильтруют, взвешивают и сравнивают результат с полученным выше.

Кроме пиков насыщенных углеводородов нормального строения на хроматограмме присутствуют пики примесей. Поэтому при обсчете хроматограмм определяют содержание насыщенных углеводородов нормального строения и суммарное количество примесей (в % масс.).

На основании полученных данных составляют материальный баланс.

Таким образом, с повышением молекулярной массы насыщенных углеводородов нормального строения существенно увеличивается доля их удаления, в результате чего улучшаются низкотемпературные характеристики дизельного топлива.

**Выводы.** В данном разделе лабораторной работы студенту необходимо перечислить основные итоги проделанной работы.

### Тема № 3

#### **Лабораторная работа № 2 Окисление этилбензола.**

**Цели работы:** 1. изучение процесса окисления этилбензола кислородом воздуха в присутствии катализатора (соль, гидроксид металла постоянной и переменной валентности);

2. изучение влияния факторов на состав продуктов окисления (температура, давление, время).

#### **Экспериментальная часть.**

**Реактивы:** спирт этиловый ректифицированный технический; этилбензол; молибден; гидроксид натрия; соляная кислота; сульфат гидрозины; серная кислота; N-фенилантраниловая кислота: готовят растворением 0,20 г препарата в 100 см<sup>3</sup> раствора углекислого натрия; аммоний метаванадат (ванадиевокислый мета); вода дистиллированная; кислота уксусная ледяная; калия йодид; крахмал растворимый; натрий серноватисто-кислый (тиосульфат натрия) 5-водный; натрий хлористый (хлорид натрия); магний хлористый (хлорид магния); калия гидроксид; метиловый оранжевый; бромкрезоловый зеленый; метиловый красный; н-гексан.

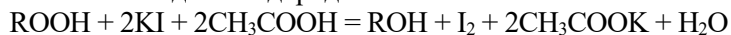
**Приборы:** колбы конические, вместимостью 100 см<sup>3</sup>; цилиндры мерные, вместимостью 50 см<sup>3</sup>; пипетки градуированные, вместимостью 1, 2, 5 и 10 см<sup>3</sup>; бюретка; весы лабораторные специального класса точности с наибольшим пределом взвешивания 200 г, секундомер; делительная воронка; плитка электрическая; баня водяная; секундомер; делительная воронка; капельница; термометр лабораторный с диапазоном измерения от 0 °С до 100 °С.

#### **Проведение эксперимента.**

Этилбензол окисляют на установке, схема которой приведена на в методике. Установка состоит из компрессора сжатого воздуха, реле-регулятора, реактора, контактного термометра, обратного холодильника. Реактор изготовлен из термостойкого стекла (d=30 мм, h=290 мм) и снабжен фильтром Шота для барботажа воздуха, пробоотборником, электроспиралью для нагрева реакционной массы.

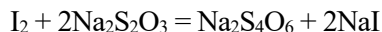
Предварительно растворяют 0,05 г гидроокиси натрия в 200 мл этилбензола. Смесь загружают в реактор. Подают воду в обратный холодильник, включают подачу воздуха. Момент включения подачи воздуха принимают за начало опыта. В ходе опыта каждые 15 мин в приемные колбы отбирают пробы для качественного определения гидроперекиси этилбензола в реакционной массе. Окисление продолжают 1,4 часа. По окончании опыта выключают обогрев реактора, после охлаждения до 40-45 °С - подачу воздуха и сразу отсоединяют линию воздуха от реактора для предотвращения засасывания в нее реакционной массы. После полного охлаждения реакционную массу сливают с реактора.

**Определение содержания гидропероксида этилбензола.** Определение органических гидропероксидов основано на реакции окисления ими йодистоводородной кислоты:



В две конические колбы емкостью 100 мл каждая с притертыми пробками помещают навески анализируемой смеси по 0,1-0,2 гр. Взвешивание проводят на аналитических весах с точностью 0,0002 гр. К навескам приливают по 10 мл ледяной уксусной кислоты и по 2 мл 50%-го водного раствора йодида калия. Содержимое колб взбалтывают и выдерживают в темном месте в течение 20 мин. Затем выделившийся йод титруют 0,1 М водным раствором тиосульфата натрия. Перед концом титрования,

когда желтая окраска раствора станет ослабевать, приливают по 2 мл раствора крахмала и продолжают титрование до исчезновения синей окраски:



Параллельно проводят титрование смеси 10 мл ледяной уксусной кислоты и 2 мл 50%-го водного раствора йодида калия без анализируемого продукта (холостой опыт).

*Обработка экспериментальных данных.* В данном разделе лабораторной работы студенту необходимо по полученным экспериментальным данным произвести расчёты содержания массовой доли органических гидропероксидных групп ( $X$ , % масс.) и построить график зависимости времени от массовой доли органических гидропероксидных групп ( $X_g$ , %).

*Статистическая обработка результатов эксперимента.* В данном разделе лабораторной работы студенту необходимо по полученным экспериментальным данным произвести статическую обработку результатов эксперимента.

*Выводы.* В данном разделе лабораторной работы студенту необходимо перечислить основные итоги проделанной работы. Показать и пояснить, что происходит с концентрацией гидроперекиси этилбензола с течением времени, указать оптимальную температуру и давление данного процесса.

## Тема № 5

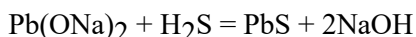
### Лабораторная работа № 3 Определение содержания функциональных групп

#### ***Определение сернистых соединений***

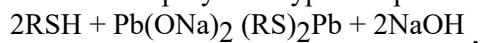
Сернистые соединения являются нежелательными примесями нефти и нефтяных дистиллятов вследствие своей способности к распаду с выделением веществ, сильно корродирующих и разрушающих аппаратуру. К разряду активных (корродирующих) соединений относятся: сера, сероводород (газ с характерным неприятным запахом), меркаптаны (тиоспирты, RSH) – легколетучие жидкости с сильным, отвратительным запахом. Сероводород и меркаптаны с тяжелыми металлами легко образуют меркаптиты и сульфиды. Наличие этих веществ даже при низких температурах вредно действует на аппаратуру. Неактивные сернистые соединения – сульфиды, дисульфиды, полисульфиды и тиофаны – при высоких температурах (выше 300°C), при которых происходит применение топлив, распадаются с образованием меркаптанов и сероводорода. Кроме того, сернистые соединения увеличивают нагарообразование. При сгорании сернистых соединений получается сернистый ангидрид, который при наличии влаги сильно корродирует металл вследствие образования сернистой кислоты.

#### *Качественное определение активных сернистых соединений*

Докторская проба Докторская проба является качественной реакцией на меркаптаны и сероводород. Испытуемый бензин встряхивается с раствором плюмбита натрия и с порошкообразной серой. По цвету выпавших продуктов реакции судят о степени очистки или коррозионности бензина. Если бензин содержит сероводород, то в результате реакции получается черный осадок сульфида свинца:



В присутствии меркаптанов вначале образуется бурый меркаптит свинца



который затем под влиянием порошкообразной серы переводится в дисульфид и сернистый свинец.

*Ход определения.* В мерный цилиндр с притертой пробкой или большую пробирку с корковой пробкой емкостью 25 мл наливают 3 мл раствора плюмбита натрия и 3 мл исследуемого нефтепродукта. Смесь сильно взбалтывают в течение 15-20 секунд и всыпают в нее 9-15 мг серного цвета с таким расчетом, чтобы тонкий слой серы покрыл границу раздела бензина и раствора плюмбита натрия. Смесь вновь взбалтывают в течение 15-20 секунд, а затем дают отстояться 1-5 минут. После этого сравнивают окраску серного цвета, собравшегося на месте раздела двух слоев жидкостей, с окраской серного цвета, не участвовавшего в реакции.

Продукт считается выдержавшим испытание, если цвет его не изменился, и пленка серного цвета осталась желтой, слегка посерела или покрылась темными точками. В этом случае докторская проба нормируется как отрицательная. Докторская проба будет считаться положительной, если окраска продукта изменилась и стала оранжевой, коричневой или темной.

Проба на медную пластинку Данный способ является очень чувствительным испытанием на присутствие сероводорода и элементарной серы.

*Ход определения.* В пробирку диаметром 15 мм длиной 150 мм заливают до высоты 60 мм

испытываемый продукт, вставляют пластинку из чистой меди длиной 40 мм, шириной 10 мм и толщиной 2 мм, очищенную шлифовальной бумагой № 180, промытую 96%-ным спиртом, а затем диэтиловым эфиром и просушенную на фильтровальной бумаге. Пробирку закрывают плотно пригнанной корковой пробкой и вставляют в штатив, стоящий в водяной бане (температура  $50 \pm 2^\circ\text{C}$ ). По истечении 3-х часов пластинку вынимают из пробирки и промывают в фарфоровой чашке подогретым ацетоном или спирто-бензольной смесью. Если пластинка покрылась черным, темно-коричневым, серо-стальным налетами или пятнами нефтепродукт считается не выдержавшим испытания. При всех других изменениях и при отсутствии изменений цвета пластинки продукт не содержит сернистых соединений.

Каждый образец испытывают не менее двух раз. Употребляющийся в данном определении бензол и эфир должны быть химически чистыми, бензол не должен содержать тиофен, эфир и спирт должны выдерживать испытание на медную пластинку.

#### Открытие сероводорода

*Ход определения.* В пробирку заливают 5 мл керосина, добавляют 5 мл 2%-ного раствора гидроксида натрия. Пробирку встряхивают. Содержимое пробирки переливают в делительную воронку, отделяют воднощелочную вытяжку в другую пробирку, добавляют каплю раствора фенолфталеина, подкисляют соляной кислотой до обесцвечивания и нагревают на водяной бане до  $70^\circ\text{C}$ . В присутствии сероводорода пропитанная 10%-ного хлорида железа (III) бумажка, поднесенная к краю пробирки, окрашивается в синий цвет. Для определения сероводорода можно воспользоваться также бумагой, пропитанной 10%-ым раствором ацетата свинца. Коричневое окрашивание указывает на присутствие в выделяющемся газе сероводорода.

Сероводород из керосина удаляют энергичным встряхиванием в течение 20 минут равных объемов керосина и солянокислого 10%-ного раствора хлористого кадмия. После разделения слоев кислую воду спускают, керосин промывают дистиллированной водой и фильтруют через складчатый фильтр, содержащий прокаленный хлористый кальций. Из фильтрата берут пробы для определения свободной серы и меркаптанов.

Количественное определение тиофена и его гомологов Характерной реакцией на тиофен и его гомологи является действие изатина и серной кислоты. В присутствии тиофена появляется сине-голубое окрашивание, метилтиофена – сине-красное, диметилтиофена – красно-фиолетовое.

#### *Ход определения.*

Метод А. В сухой пробирке смешивают 2 мл нефтепродукта с 2 мл раствора изатина (раствор изатина готовят растворением 0,5 г изатина в 1000 г концентрированной серной кислоты). Слабое нагревание и прибавление капли азотной кислоты способствует появлению окраски в присутствии тиофена или его гомологов.

Метод Б. В предварительно промытую крепкой серной кислотой фарфоровую чашку помещают несколько кристалликов изатина, которые обливают 5 мл концентрированной серной кислоты. На кислоту наливают слой исследуемого нефтепродукта, чашку покрывают часовым стеклом и оставляют на некоторое время. При наличии тиофена около кристаллов изатина появляются окрашенные в синий цвет кольца.

В последнее время индофениновая реакция используется для количественного определения тиофена в бензине колориметрическим методом.

#### ***Кислородные соединения нефти. Определение органической кислотности***

Кислородные соединения содержатся в нефтях в виде нафтеновых и жирных кислот, фенолов и смолисто-асфальтовых соединений. Корродирующие свойства органических кислот лимитируют содержание их в бензинах, керосинах и маслах. Выяснение содержания органических кислот в нефтяных погонах является обязательным.

Определение кислотности бензинов, лигроинов, керосинов Метод определения кислот в топливах состоит в извлечении кислот спиртом и последующим его титрованием 0,05 н. спиртовым раствором едкого кали. Под кислотностью понимают количество мг гидроксида калия, требующихся для нейтрализации 100 мл нефтепродукта.

*Ход определения.* В коническую колбу на 250 мл наливают 25 мл этилового спирта и кипятят с обратным холодильником на электрической плитке в течение 5 минут для удаления растворенной углекислоты. Горячий спирт быстро нейтрализуют 0,05 н. спиртовым раствором гидроксида калия в присутствии фенолфталеина до появления розового окрашивания. После нейтрализации в горячий спирт прибавляют с помощью мерного цилиндра 25 мл испытуемого продукта, затем кипятят смесь с обратным холодильником 5 минут, время от времени взбалтывая. Горячую смесь титруют 0,05 н. спиртовым раствором гидроксида калия в присутствии нескольких

капель раствора фенолфталеина.

#### Качественное определение фенолов в нефтепродуктах

Реакция азосочетания. При обработке нефтяных дистиллятов водными растворами щелочей получается раствор натриевых солей карбоновых кислот и фенолятов. При подкислении фенолы всплывают вместе с кислотами в виде масла, называемого “сырыми” нефтеновыми кислотами. Присутствие фенолов в последних обнаруживается при помощи продиазотированной сульфаниловой кислоты, дающей интенсивное красное окрашивание вследствие образования оксиазосоединения.

Ход определения. 1г Сульфаниловой кислоты растворяют в 2,5мл 2н. раствора гидроксида натрия. К этому раствору прибавляют раствор 0,4 г нитрита натрия в 5 мл воды. Смесь охлаждают льдом и приливают при перемешивании к 2,5 мл 2 н. раствора соляной кислоты.

К полученному раствору соли диазония приливают 1-2 мл испытуемого нефтепродукта. Если образец содержит фенолы, наблюдается красное окрашивание.

#### Реакция фенола с хлоридом железа (III)

Ход определения. В пробирку помещают 1-2мл 2%-ного водного раствора фенола и добавляют 1-2 капли 3%-ного раствора хлорида железа (III), наблюдая появление характерного фиолетового окрашивания вследствие образования сильно диссоциированного комплексного фенолята железа (III).

#### Действие брома на фенол в водном растворе

Ход определения. К 1мл водного раствора фенола, помещенного в пробирку, добавляют по каплям бромную воду. Образующаяся сначала опалесценция при встряхивании исчезает; при дальнейшем прибавлении бромной воды выделяется обильный белый осадок 2,4,6-трибромфенола с характерным запахом.

Выводы. В данном разделе лабораторной работы студенту необходимо перечислить основные итоги проделанной работы.

### **Лабораторная работа № 4 ЛАТЕКСНАЯ ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ МЕТИЛМЕТАКРИЛАТА**

#### **Цели работы:**

1. Синтезировать полиметилметакрилат методом латексной полимеризации.
2. Определить выход полимера (в % масс. от исходного мономера).
3. Оценить растворимость полимера в трёх различных растворителях.
4. Определить термостабильность полимера.
5. Идентифицировать продукт деполимеризации.

#### **Приборы:**

- штатив лабораторный – 2 шт;
- круглодонная трёхгорлая колба вместимостью 500,00 см<sup>3</sup> – 1 шт;
- круглодонная двугорлая колба вместимостью 100,00 см<sup>3</sup> – 1 шт;
- обратный холодильник – 1 шт;
- механическая мешалка с мотором – 1 шт;
- капельной воронкой – 1 шт;
- водяной термостат – 1 шт;
- термометр со шкалой на 100 °С – 1 шт;
- парообразователь – 1 шт;
- колбонагреватель (или электроплитка) – 1 шт;
- воронка Бюхнера – 1 шт;
- колба Бунзена – 1 шт;
- микропипетка – 1 шт;
- коническая термостойкая колба вместимостью 500,00 см<sup>3</sup>;
- аналитические весы;
- пробирка вместимостью 10,00 см<sup>3</sup> – 6 шт;
- колба Вюрца – 1 шт;;
- холодильник Либиха – 1 шт;
- рефрактометр.

#### **Реактивы:**

- свежеперегнанный метилметакрилат (ММА);
- персульфат аммония или калия;

- дистиллированная вода;
- концентрированная соляная кислота;
- метилхлорид;
- хлороформ;
- четырёххлористый углерод;
- ацетон;
- *n*-гексан;
- *n*-гептан;
- петролейный эфир.

### Выполнение эксперимента

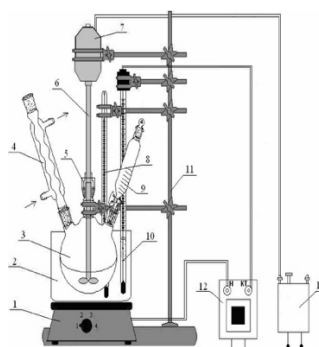
Работу рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

**Шаг 1.** Навеску инициатора (персульфата аммония или калия) массой  $m$  г (рецептура реакционных смесей приведена в табл. А) растворяют в объеме  $v$  см<sup>3</sup> дистиллированной воды в реакторе, соединяют его с обратным холодильником, механической мешалкой, капельной воронкой и помещают в водяной термостат, нагретый до 80 °С. Схема лабораторной установки приведена на рис. 4.

Таблица А

Загрузки исходных компонентов синтеза латексного полиметилметакрилата

№ п/п	Персульфат		Метилметакрилат		Вода
	аммония	калия	навеска М, г	объем V, см³	объем v, см³
	навеска m, г				
1	1,00	-	10,00	10,70	100,00
2	1,05	-	11,00	11,80	90,00
3	1,12	-	12,30	13,10	105,00
4	1,09	-	11,50	12,30	103,00
5	0,95	-	9,90	10,60	95,00
6	-	1,00	10,00	10,70	100,00
7	-	1,08	11,20	12,00	95,00
8	-	1,20	12,80	13,70	105,00
9	-	1,15	12,50	13,40	100,00
10	-	1,10	10,20	10,90	97,00



1 - электрическая плита, 2 - водяной термостат, 3 - реактор (трёхгорлая круглодонная колба), 4 - обратный холодильник, 5 - гидрозатвор, 6 - мешалка, 7 - электромотор, 8 - лабораторный термометр, 9 - капельная воронка, 10 - контактный термометр, 11 - штатив, 12 - реле, 13 - латр.

**Рис. 4.** Схема лабораторной установки синтеза латексного полиметилметакрилата

**Шаг 2.** В капельную воронку наливают  $M$  г ( $v$  см<sup>3</sup>) метилметакрилата и, сохраняя температуру реакции 80 °С, добавляют по каплям метилметакрилат в течение 30 мин. Содержимое реактора энергично перемешивают мешалкой.

**Шаг 3.** Через 4 ч от начала синтеза реакционную массу, напоминающую молоко, переливают в коническую колбу вместимостью 500 см<sup>3</sup> и оставляют под пробкой до следующего занятия.

**Шаг 4.** Далее в колбу пропускают пар из парообразователя с целью коагуляции полимера (при необходимости добавляют от 1 до 2 см<sup>3</sup> концентрированной соляной кислоты).

**Шаг 5.** Осадок полимера отфильтровывают на воронке Бюхнера, соединенной с колбой Бунзена и вакуумным насосом, промывают до отрицательной реакции на хлорид-ион, высушивают в сушильном шкафу при температуре не выше 80 °С (или оставляют на воздухе в вытяжном шкафу при комнатной температуре до следующего занятия) и взвешивают на аналитических весах.

#### *Определение растворимости*

**Шаг 6.** В 6 сухих пробирок помещают навески хорошо измельченного полимера массой 0,10 г, взвешенные на аналитических весах, и растворяют в 3,00 см<sup>3</sup> испытуемого растворителя (по 2 определения для каждого).

**Шаг 7.** Из микробюретки по каплям приливают к каждому раствору осадитель при постоянном перемешивании до появления не исчезающей мути.

*Объем (в см<sup>3</sup>) осадителя, приходящийся на 1,00 см<sup>3</sup> взятого растворителя, является количественной характеристикой растворимости полимера в данном растворителе.*

Перечень возможных растворителей и соответствующих им осадителей для полиметилметакрилата приведен в табл. Б.

**Таблица Б**

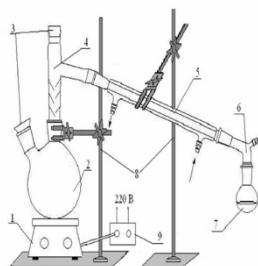
**Растворители и осадители для полиметилметакрилата**

№ п/п	Растворитель	Осадитель	Осадитель
1	ацетон	вода	вода
2	метиленхлорид	н-г ексан	петролейный эфир
3	хлороформ	н-г ексан	петролейный эфир
4	четырёххлористый углерод	н-г ексан	петролейный эфир
5	ацетон	н-г ексан	н-гептан

#### *Деполимеризация полимера*

**Шаг 8.** Для определения термостабильности полимера навеску его массой 7,00 г помещают в колбу Вюрца, соединённую с холодильником Либиха и круглодонным стеклянным приёмником, имеющим связь с атмосферой, и нагревают на электроплитке до разложения и выделения паров, которые, конденсируясь в холодильнике, собираются в приёмнике. Схема лабораторной установки деполимеризации полиметилметакрилата приведена на рис. 5.

*Продукты разложения идентифицируют по коэффициенту рефракции, сравнивая его с величиной, измеренной в тех же условиях для исходного мономера, и приведённой в литературе для метилметакрилата.*



1- электроплитка, 2 - двугорлая круглодонная колба (шлиф № 29), 3 - пробки (№ 29 и 14,5), 4 - насадка Вюрца с дефлегматором, 5 - холодильник Либиха, 6 - аллонж, 7 - круглодонный стеклянный приёмник, 8 - штатив, 9 – электросеть

**Рис. 5.** Схема установки деполимеризации полиметилметакрилата

**Выводы.** В данном разделе лабораторной работы студенту необходимо перечислить основные итоги проделанной работы.

#### Темы № 4,6,7

#### **Лабораторная работа № 5** Получение этилена и пропилена пиролизом нефтяных фракций

Реакции крекинга и дегидрирования относятся к первичным реакциям, протекающим при пиролизе. В результате протекания этих реакций образуется сложная смесь низкомолекулярных, большей частью газообразных продуктов, в которых преобладают ненасыщенные углеводороды. Наряду с первичными при пиролизе протекают многочисленные вторичные реакции, в которые вступают продукты



первичного расщепления изомеризация парафиновых цепей, нафтеновых циклов и алкильных групп алкилароматических углеводородов циклизация и дегидроциклизация олефинов циклизация диенов полимеризация олефинов и диенов конденсация ароматических углеводородов. Протекание большого числа разнообразных реакций приводит к тому, что в процессе пиролиза образуется сложная смесь продуктов — от газообразных (газ пиролиза) до жидких (смола) и твердых (кокс). Газ пиролиза является целевым, смола и кокс — побочными продуктами пиролиза. Выход газа стремятся увеличить, а выходы смолы и кокса, по возможности, уменьшить. Газообразные продукты пиролиза содержат этилен, пропилен, бутadiен. Ароматические углеводороды (бензол, толуол, ксилолы) входят в состав смолы пиролиза. Состав и выходы продуктов пиролиза зависят от химического и фракционного состава сырья, температуры, времени контакта и парциального давления паров сырья. Сырьем пиролиза служат нефть, газы нефтедобычи и нефтепереработки, содержащие большое количество этана, пропана и бутана, различные бензиновые и керосино-газойлевые фракции нефтей, тяжелые нефтяные остатки. Наилучшим сырьем пиролиза являются насыщенные углеводороды. Они наиболее легко подвергаются разложению. Из них насыщенные углеводороды нормального строения более предпочтительны, чем их изомеры. Последние дают при пиролизе более низкий выход ненасыщенных углеводородов, больше метана и кокса. По мере увеличения молекулярной массы сырья выход этилена при пиролизе непрерывно снижается, а выходы пропилена и бутadiена сначала увеличиваются, а затем снижаются.

*Цель работы* — проведение реакции пиролиза на лабораторной установке, изучение изменения состава газообразных продуктов реакции в зависимости от условий реакции (температуры, условного времени контакта, массового соотношения водяной пар сырья), составление материального баланса опыта.

#### *Экспериментальная часть*

Пиролиз углеводородного сырья ведется на пиролизной установке при различных температурах и составе сырья. Перед началом опыта проверяют правильность сборки, надежность и герметичность всех соединений установки. После того как температура в реакторе достигнет заданной температуры, в холодильник подают воду. Заданную температуру в реакторе поддерживают с помощью терморегулятора. Приготовленную смесь углеводородов подают в дозатор. Момент подачи сырья в реакционную зону принимают за начало опыта. Все эксперименты необходимо проводить при постоянной объемной скорости подачи углеводородного сырья (время истечения сырья 30-35 мин). По окончании опыта фиксируют объем газов прошедших через газовые часы и массу жидкой фазы. Составляют материальный баланс процесса, рассчитывают выход газообразных продуктов пиролиза. Сравнивают значения выхода газообразных продуктов, наихудший результат отбрасывают и рассчитывают новый состав смеси углеводородов. Эксперименты проводят пока не будет достигнуто предельное значение выхода газообразных продуктов, после ухудшения показателя процесса работу прекращают.

#### *Оформление результатов*

1. Рассчитывают массу поданного сырья  $m_{\text{см}} = V_{\text{см}} \cdot \rho_{\text{см}}$ , где  $V_{\text{см}}$ ,  $\rho_{\text{см}}$  - объем (мл) и плотность (г/мл) углеводородной смеси. Плотность смеси рассчитывают по формуле:  $\rho_{\text{смеси}} = x_1 \cdot \rho_1 + x_2 \cdot \rho_2 + x_3 \cdot \rho_3$ ,  $x_1, x_2, x_3$  - объемные проценты соответственно гексана, изопрена, бензола, %об;  $\rho_1, \rho_2, \rho_3$  - плотности соответственно гексана, изопрена, бензола, г/мл.

2. Рассчитывают массу газообразных продуктов пиролиза, условно считая, что в основном они содержат этилен

$$m_{\text{газ}} = \frac{V}{V_{\text{н.у.}}} \cdot M_{\text{эт}}$$

где  $V$  - объем газообразных продуктов по газосчетчику, л;  $V_{\text{н.у.}}$  - молярный объем газа при нормальных условиях;  $V_{\text{н.у.}} = 22,4$  л/моль;  $M_{\text{эт}}$  - молярная масса этилена,  $M_{\text{эт}} = 28$  г/моль.

3. Массу жидких продуктов находят по разности масс сухого приемника и приемника с жидкой фракцией.

4. Рассчитывают массу кокса, отложенного внутри реактора  $m_{\text{кокс}} = m_{\text{см}} - m_{\text{газ}} - m_{\text{жид}}$  Результаты заносят в таблицу. Рассчитывают выход газообразных продуктов:  $\eta = \frac{m_{\text{г}}}{m_{\text{св}}} \cdot 100\%$

*Выводы.* В данном разделе лабораторной работы студенту необходимо перечислить основные итоги проделанной работы.

## Лабораторная работа № 6 КАТАЛИТИЧЕСКИЙ КРЕКИНГ

### Аппаратура, реактивы и материалы

лабораторная установка каталитического крекинга (рисунок 1);

исследуемое сырье;

катализатор (NaX-БКО);

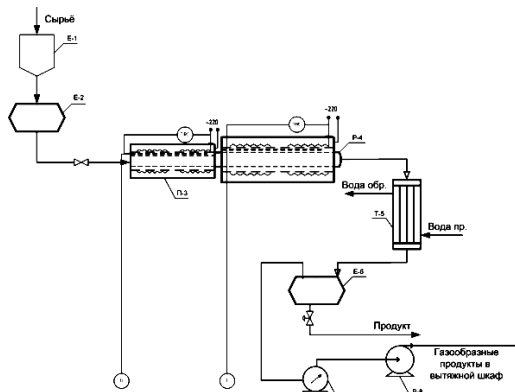


Рисунок 1. Схема лабораторной установки каталитического крекинга

### Проведение эксперимента

Процесс каталитического крекинга проводится на установке со стационарным слоем катализатора, в качестве которого был используется цеолитный катализатор NaX-БКО (насыпная плотность —  $0,65 \text{ г/см}^3$ , средний диаметр частиц – 2-4,5 м, форма гранул экструдат). Температура в зоне реакции варьировалась в пределах от 400 до 550 °С, объемная скорость подачи сырья – от 1 до  $5 \text{ ч}^{-1}$ .

Исходное сырье после подачи из мерной емкости Е-1 в промежуточную ёмкость Е-2, снабженной краном для регулирования подачи сырья, поступает на предварительный нагрев и испарение в печь-пиролизер П-3. В печи исходное сырье нагревается до 300 °С, а для повышения скорости теплопередачи трубка пиролизера представляет собой дефлегматор. Из печи нагретое сырье подается в реактор Р-4, в котором с помощью электрообогревателя поддерживается необходимая температура процесса. Объем реактора составляет  $100 \text{ см}^3$ . Пары продуктов после реактора проходят теплообменник Т-5 и поступают в емкость-сепаратор Е-6, где накапливается жидкая фаза. Из емкости-сепаратора Е-6 газовая фаза попадает в газовые часы, с помощью которых происходит замер их количества, а затем сбрасывается через вентилятор Н-7 в атмосферу.

#### в) Обработка результатов

Жидкие продукты крекинга, полученные смешением дистиллята из приемника с продуктом подвергают разгонке. Крекинг-бензин отбирают до 200 °С, затем, отгоняют промежуточную фракцию 200 - 350 °С, которую на промышленной установке направляют в печь глубокого крекинга. Атмосферную разгонку ведут примерно до 250 °С в парах, после этого колбу охлаждают и дальнейшую разгонку ведут в вакууме. Таким образом, материальный баланс разгонки дает выход бензина, промежуточной фракции и остатка. Полученные выходы пересчитывают на загрузку. Общий материальный баланс опыта представлен в таблице 3.

Таблица 1 – Общий материальный баланс

Взято	Выход	
	г	% (масс.)
Сырье.....		100
Всего.....		100
Получено		
Газ.....		
Бензин до 200 °С.....		
Фракция 200 – 350 °С.....		
Крекинг – остаток.....		
Потери.....		
Итого.....		100

Студент должен выполнить все лабораторные работы.

*Критерии оценки лабораторных работы в семестре*

<i>Критерий оценки (за выполнение одной лабораторной работы)</i>	<i>Балл оч/оч- заоч/заоч</i>
Лабораторная работа отличается последовательностью, правильностью полученных результатов, выводов. При ответе на вопросы студент демонстрирует хорошую степень владения представленным материалом. Ответы формулируются аргументированно. Отсутствие ошибочных ответов.	5/5/6
Лабораторная работа отличается последовательностью, правильностью полученных результатов, выводов. При ответе на вопросы студент дает достаточно полный ответ, с нарушением последовательности изложения. Есть небольшой процент ошибочных ответов.	4/4/5
Лабораторная работа выполнена с грубыми ошибками, полученные результаты значительно отличаются от истинных. У студента отсутствует четкий ответ на поставленные вопросы.	3/3/4
Лабораторная работа не выполнена.	0

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

Факультет технологический  
Кафедра НХС

Направление подготовки/специальность: 18.03.01 –Химическая технология  
(код и наименование)

Профиль/специализация: «Химическая технология органических веществ»,  
«Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов»,  
(наименование)

Семестр 5

Учебным планом по направлению подготовки 18.03.01 –Химическая технология для обучающихся предусмотрено проведение практических занятий по дисциплине Б1.В.09 Нефтехимический синтез.

Обучающимся предлагаются разноуровневые задачи и задания реконструктивного уровня, позволяющие оценивать и диагностировать умения синтезировать, анализировать, обобщать фактический и теоретический материал с формулированием конкретных выводов, установлением причинно-следственных связей.

**Комплект практических заданий**  
по дисциплине Б1.В.09 Нефтехимический синтез  
(наименование дисциплины)

**Практическое задание № 1** Раздел 2 (Темы 2-4). Углеводороды.

Ахмедьянова, Р.А. Технология нефтехимического синтеза: учебное пособие [Электронный ресурс] / Р.А. Ахмедьянова, В.Г. Рябов, Л.Г. Тархов. — 2-е изд., испр. и доп. - Пермь : ПНИПУ, 2015. - 288 с.

**Практическое задание № 2** Раздел 4 (Темы 6,7). Превращения углеводородов

Ахмедьянова, Р.А. Технология нефтехимического синтеза: учебное пособие [Электронный ресурс] / Р.А. Ахмедьянова, В.Г. Рябов, Л.Г. Тархов. — 2-е изд., испр. и доп. - Пермь : ПНИПУ, 2015. - 288 с.

Максимальное количество баллов за выполнение одного практического задания студент получает по 6 баллов, минимальное количество баллов – 0 .

<i>Критерий оценки</i>	<i>Балл</i>
Отчет отличается последовательностью, правильностью полученных результатов, выводов. Отсутствие ошибочных ответов.	<b>6</b>
Отчет отличается последовательностью, правильностью полученных результатов, выводов. Есть небольшой процент ошибочных ответов.	<b>5</b>
Отчет выполнен с грубыми ошибками, полученные результаты значительно отличаются от истинных.	<b>4</b>
Не выполнено.	<b>0</b>

Студент должен выполнить все практические задания.

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

Факультет технологический  
Кафедра НХС

Направление подготовки/специальность: 18.03.01 –Химическая технология  
(код и наименование)

Профиль/специализация: «Химическая технология органических веществ»,  
«Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов»,  
(наименование)

Семестр 5,7

**Комплект заданий для контрольных работ**  
по дисциплине Б1.В.09 Нефтехимический синтез  
(наименование дисциплины)

для очной и очно-заочной форм обучения

**Контрольная работа по темам № 1-7**  
**Вариант №1**

1. Общие сведения о полимерах. Способы получения полимеров (полимеризация, поликонденсация).
2. Окисление насыщенных углеводородов  $C_{10}-C_{20}$  в спирты. Требования к сырью, характеристика основных стадий процесса.
3. Для алкилирования бензола используют пропан-пропиленовую фракцию, объемная доля пропилена в которой равна 59%. Определить объем пропан-пропиленовой фракции, необходимой для получения 3000 кг изопропилбензола, если селективность по изопропилбензолу составляет 93%.
4. Напишите схему превращения хлористого бутила в 2-бутанол и введите полученное соединение в следующие реакции: а) окисления; б) К; в)  $CH_3-COOH$  (разберите механизм реакции).

**Вариант №2**

1. Общие закономерности процессов окисления углеводородов, особенности и сложности технологии окисления углеводородов.
2. Сернокислотная гидратация ненасыщенных углеводородов в спирты. Химизм процесса и механизм реакций. Требования к сырью. Преимущества и недостатки процесса сернокислотной гидратации олефинов.
3. При прямой гидратации этилена селективность по этанолу составляет 98%. Определить степень превращения этилена, если на гидратацию подано 32000 м<sup>3</sup> газа, объемная доля этилена в котором 93%, а масса полученного этанола равна 2400 кг.
4. Получите алкилированием бензола этилбензол и введите его в реакции со следующими реагентами: а)  $HNO_3 + H_2SO_4$ ; б)  $CH_3-CH=CH_2$ ; в)  $Cl_2 (h\nu)$ ; г)  $Cl_2 (AlCl_3)$ . (разберите механизм реакции).

Критерий оценки	Балл
Демонстрирует полное понимание поставленной задачи. Дает логически обоснованный, полный и правильный ответ на поставленный вопрос. Отсутствие ошибочных ответов.	10
Дает достаточно полный ответ, с нарушением последовательности изложения.	8
Дает неполный ответ на вопрос.	6
Нет ответа.	0

Максимальное количество баллов за выполнение контрольной работы студент получает 10, минимальное количество баллов – 0 .

**Контрольная работа по темам № 1-7**

**Вариант 1**

1. Основные направления химической переработки насыщенных углеводородов  $C_2-C_{40}$ .
2. Физико-химические основы действия моющих ПАВ.
3. Пиролизу подвергли  $3500\text{ м}^3$  метана. Степень превращения метана равна 75%, масса ацетилена в продуктах пиролиза составляет 760 кг. Определить селективность процесса.
4. Получите из бензола о-этилбензолсульфокислоту и введите данное соединение в реакции со следующими реагентами: а)  $H_2SO_4$ ; б)  $Cl_2(AlCl_3)$ ; в)  $CH_2=CH_2$  (разберите механизм реакции); г)  $CH_3Cl$ ; д)  $Cl_2(h\nu)$  (разберите механизм реакции).

**Вариант 2**

1. Основные направления химической переработки ненасыщенных углеводородов  $C_2-C_{18}$ .
2. Выбор сырья для производства поверхностно-активных веществ различного действия.
3. Выход этилхлорида, получаемого гидрохлорированием этилена, составляет 87% от теоретического. Определить объем этиленовой фракции, если объемная доля этилена в ней равна 72%, необходимой для получения 900 кг этилхлорида.
4. Получите из бензола о-нитротолуол и введите его в реакции со следующими реагентами: а)  $H_2SO_4$ ; б)  $Cl_2(h\nu)$ ; в)  $CH_2=CH_2$ ; г)  $CH_3Cl$  (разберите механизм реакции).

**Вариант 3**

1. Основные направления химической переработки ароматических углеводородов.
2. Промышленные способы получения одноатомных спиртов. Области применения одноатомных спиртов.
3. Для пиролиза взято  $1200\text{ м}^3$  природного газа, в котором объемная доля метана равна 85%. Определить массу образовавшегося ацетилена, если степень превращения метана равна 97%, а селективность по ацетилену составляет 34%.
4. Получите из бензола стирол и введите его в реакции со следующими реагентами: а)  $HNO_3 + H_2SO_4$ ; б)  $CH_3-CH=CH_2$ ; в)  $Cl_2(h\nu)$ ; г)  $Cl_2(AlCl_3)$ . (разберите механизм реакции).
4. Получите из бензола м-хлорбензойную кислоту и введите ее в реакции со следующими реагентами: а)  $H_2SO_4$ ; б)  $HNO_3+H_2SO_4$ ; в)  $CH_2=CH-CH_2-CH_3$ ; г)  $CH_3Cl$  (разберите механизм реакции).

**Вариант 4**

1. Общие сведения о полимерах. Способы получения полимеров (полимеризация, поликонденсация).
2. Окисление насыщенных углеводородов  $C_{10}-C_{20}$  в спирты. Требования к сырью, характеристика основных стадий процесса.
3. Для алкилирования бензола используют пропан-пропиленовую фракцию, объемная доля пропилена в которой равна 59%. Определить объем пропан-пропиленовой фракции, необходимой для получения 3000 кг изопропилбензола, если селективность по изопропилбензолу составляет 93%.
4. Напишите схему превращения хлористого бутила в 2-бутанол и введите полученное соединение в следующие реакции: а) окисления; б) К; в)  $CH_3-COOH$  (разберите механизм реакции).

**Вариант 5**

1. Общие закономерности процессов окисления углеводородов, особенности и сложности технологии окисления углеводородов.
2. Сернокислотная гидратация ненасыщенных углеводородов в спирты. Химизм процесса и механизм реакций. Требования к сырью. Преимущества и недостатки процесса сернокислотной гидратации олефинов.
3. При прямой гидратации этилена селективность по этанолу составляет 98%. Определить степень превращения этилена, если на гидратацию подано  $32000\text{ м}^3$  газа, объемная доля этилена в котором 93%, а масса полученного этанола равна 2400 кг.
4. Получите алкилированием бензола этилбензол и введите его в реакции со следующими реагентами: а)  $HNO_3 + H_2SO_4$ ; б)  $CH_3-CH=CH_2$ ; в)  $Cl_2(h\nu)$ ; г)  $Cl_2(AlCl_3)$ . (разберите механизм реакции).

**Вариант 6**

1. Классификация и характеристика реакций неполного окисления, имеющих место в процессах

нефтехимического синтеза.

2. Оксигенаты – как компоненты реформулированного бензина. Их сравнительный анализ и характеристика свойств.
3. Степень конверсии этилена в процессе его прямого окисления равна 34%. Объем этилена, израсходованного в процессе, составляет 1700 м<sup>3</sup>. Определить селективность по окиси этилена, если масса окиси этилена равна 600 кг.
4. Получите из бензола стирол и введите его в реакции со следующими реагентами: а) HNO<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; б) CH<sub>3</sub> – CH = CH<sub>2</sub>; в) Cl<sub>2</sub> (hν); г) Cl<sub>2</sub> (AlCl<sub>3</sub>). (разберите механизм реакции).

#### Вариант 7

1. Основные направления химической переработки насыщенных углеводородов C<sub>2</sub>–C<sub>40</sub>.
2. Физико-химические основы действия моющих ПАВ.
3. Пиролизу подвергли 2500 м<sup>3</sup> метана. Степень превращения метана равна 85%, масса ацетилен в продуктах пиролиза составляет 850 кг. Определить селективность процесса.
4. Получите из бензола м-этилбензолсульфокислоту и введите данное соединение в реакции со следующими реагентами: а) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; б) Cl<sub>2</sub>(AlCl<sub>3</sub>); в) CH<sub>2</sub> = CH<sub>2</sub> (разберите механизм реакции); г) CH<sub>3</sub>Cl; д) Cl<sub>2</sub> (hν) (разберите механизм реакции).

#### Вариант 8

1. Основные направления химической переработки ненасыщенных углеводородов C<sub>2</sub>–C<sub>18</sub>.
2. Выбор сырья для производства поверхностно-активных моющих веществ различного действия.
3. Выход этилхлорида, получаемого гидрохлорированием этилена, составляет 87% от теоретического. Определить объем этиленовой фракции, если объемная доля этилена в ней равна 72%, необходимой для получения 1000 кг этилхлорида.
4. Получите из бензола о-нитротолуол и введите его в реакции со следующими реагентами: а) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; б) Cl<sub>2</sub>(hν) в) CH<sub>2</sub>=CH<sub>2</sub>; г) CH<sub>3</sub>Cl (разберите механизм реакции).

#### Вариант 9

1. Основные направления химической переработки ароматических углеводородов.
2. Промышленные способы получения одноатомных спиртов. Области применения одноатомных спиртов.
3. Для пиролиза взято 1600 м<sup>3</sup> природного газа, в котором объемная доля метана равна 80%. Определить массу образовавшегося ацетилен, если степень превращения метана равна 96%, а селективность по ацетилену составляет 38%.
4. Получите из бензола м-хлорбензойную кислоту и введите ее в реакции со следующими реагентами: а) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; б) HNO<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; в) CH<sub>2</sub>=CH-CH<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub>; г) CH<sub>3</sub>Cl (разберите механизм реакции).

#### Вариант 10

1. Общие сведения о полимерах. Способы получения полимеров (полимеризация, поликонденсация).
2. Окисление насыщенных углеводородов C<sub>10</sub>–C<sub>20</sub> в спирты. Требования к сырью, характеристика основных стадий процесса.
3. Для алкилирования бензола используют пропан-пропиленовую фракцию, объемная доля пропилена в которой равна 69%. Определить объем пропан-пропиленовой фракции, необходимой для получения 4000 кг изопропилбензола, если селективность по изопропилбензолу составляет 85%.
4. Из пропилен получить изопропиловый эфир и введите его в реакции: а) ацидолиза; в) окисления.

#### Вариант 11

1. Общие закономерности процессов окисления углеводородов, особенности и сложности технологии окисления углеводородов.
2. Сернокислотная гидратация ненасыщенных углеводородов в спирты. Химизм процесса и механизм реакций. Требования к сырью. Преимущества и недостатки процесса сернокислотной гидратации олефинов.
3. При прямой гидратации этилена селективность по этанолу составляет 95,5%. Определить степень превращения этилена, если на гидратацию подано 22000 м<sup>3</sup> газа, объемная доля этилена в котором 93%, а масса полученного этанола равна 2600 кг.
4. Получите алкилированием бензола кумол и введите его в реакции со следующими реагентами: а) HNO<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; б) CH<sub>3</sub> – CH = CH<sub>2</sub>; в) Cl<sub>2</sub> (hν); г) Cl<sub>2</sub> (AlCl<sub>3</sub>) (разберите механизм реакции).

#### Вариант 12

1. Классификация и характеристика реакций неполного окисления, имеющих место в процессах нефтехимического синтеза.
2. Оксигенаты – как компоненты реформулированного бензина. Их сравнительный анализ и характеристика свойств.
3. Степень конверсии этилена в процессе его прямого окисления равна 44%. Объем этилена, израсходованного в процессе, составляет 1300 м<sup>3</sup>. Определить селективность по окиси этилена, если масса окиси этилена равна 700 кг.
4. Получите из бензола м-бромфенол и введите данное соединение в реакцию со следующими реагентами: а) Br<sub>2</sub>; б) CH<sub>2</sub>=CH–CH<sub>3</sub> (разберите механизм реакции); в) CH<sub>3</sub>Cl.

#### Вариант 13

1. Основные направления химической переработки насыщенных углеводородов C<sub>2</sub>–C<sub>40</sub>.
2. Физико-химические основы действия моющих ПАВ.
3. Пиролизу подвергли 3000 м<sup>3</sup> метана. Степень превращения метана равна 65%, масса ацетилена в продуктах пиролиза составляет 750 кг. Определить селективность процесса.
4. Получите из бензола п-этилбензолсульфокислоту и введите данное соединение в реакции со следующими реагентами: а) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; б) Cl<sub>2</sub>(AlCl<sub>3</sub>); в) CH<sub>2</sub> = CH<sub>2</sub> (разберите механизм реакции); г) CH<sub>3</sub>Cl; д) Cl<sub>2</sub> (hν) (разберите механизм реакции).

#### Вариант 14

1. Основные направления химической переработки ненасыщенных углеводородов C<sub>2</sub>–C<sub>18</sub>.
2. Выбор сырья для производства поверхностно-активных моющих веществ различного действия.
3. Выход этилхлорида, получаемого гидрохлорированием этилена, составляет 87% от теоретического. Определить объем этиленовой фракции, если объемная доля этилена в ней равна 72%, необходимой для получения 600 кг этилхлорида.
4. Получите из бензола м-нитротолуол и введите его в реакции со следующими реагентами: а) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; б) Cl<sub>2</sub>(hν) в) CH<sub>2</sub>=CH<sub>2</sub>; г) CH<sub>3</sub>Cl (разберите механизм реакции).

#### Вариант 15

1. Основные направления химической переработки ароматических углеводородов.
2. Промышленные способы получения одноатомных спиртов. Области применения одноатомных спиртов.
3. Для пиролиза взято 1100 м<sup>3</sup> природного газа, в котором объемная доля метана равна 75%. Определить массу образовавшегося ацетилена, если степень превращения метана равна 93%, а селективность по ацетилену составляет 52%.
4. Получите из бензола п-хлорбензойную кислоту и введите ее в реакции со следующими реагентами: а) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; б) HNO<sub>3</sub>+H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; в) CH<sub>2</sub>=CH–CH<sub>2</sub>–CH<sub>3</sub>; г) CH<sub>3</sub>Cl (разберите механизм реакции).

#### Требования к оформлению контрольной работы

1. Контрольная работа оформляется в отдельной тетради.
2. При оформлении работы сначала идет запись задания, затем его решение.
3. Ответ на каждый теоретический вопрос контрольного задания должен быть обоснованным.
4. При решении задачи студент приводит подробное решение задачи, объясняя каждое математическое действие.
5. Студент подписывает контрольную работу и предоставляет ее в деканат факультета на рецензирование.
6. Если контрольная работа не зачтена рецензентом, то ошибочно выполненные задачи решаются повторно в той же тетради.
7. Студент должен выполнять контрольную работу своего варианта, в противном случае работа рецензентом не засчитывается.

Критерий оценки	Балл
Демонстрирует полное понимание поставленной задачи. Дает логически обоснованный, полный и правильный ответ на поставленный вопрос. Отсутствие ошибочных ответов.	30
Дает достаточно полный ответ, с нарушением последовательности изложения.	24
Дает неполный ответ на вопрос.	16
Нет ответа.	0

Максимальное количество баллов за выполнение контрольной работы студент получает 30, минимальное количество баллов – 0 .



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

Факультет технологический  
Кафедра НХС

Направление подготовки/специальность: 18.03.01 –Химическая технология  
(код и наименование)

Профиль/специализация: «Химическая технология органических веществ»,  
«Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов»,  
(наименование)

Семестр 5

**Комплект тестовых заданий**  
по дисциплине Б1.В.09 Нефтехимический синтез  
(наименование дисциплины)

*для очной и очно-заочной форм обучения*

**Вариант 1**

1. Какое сырье используется в процессах нефтехимического синтеза:
  - а) продукты основного органического синтеза;
  - б) продукты первичной и вторичной переработки нефти;
  - в) горючие ископаемые;
  - г) продукты биохимических процессов;
2. Нефтезаводские газы каких процессов переработки нефти содержат наибольшее количество этилена?
  - а) пиролиза;
  - б) термического крекинга;
  - в) каталитического крекинга;
  - г) вторичной перегонки бензина;
3. Основные виды сырья для производства винилхлорида:
  - а) этилен, ацетилен;
  - б) винилацетилен;
  - в) этан;
  - г) метан
4. Катализатор процесса окисления этилена до окиси этилена
  - а) серная кислота;
  - б) соляная кислота;
  - в) алюмосиликаты;
  - г) серебро на носителе.
5. Тип реактора процесса окисления этилена до окиси этилена
  - а) колонна;
  - б) объёмный реактор с мешалкой;
  - в) шахтная печь;
  - г) трубчатый реактор
6. Функциональной группой, которая относится к ориентантам II рода в реакциях электрофильного замещения в ароматическом ядре является:
  - а)  $-\text{NO}_2$
  - б)  $-\text{OCH}_3$
  - в)  $-\text{Cl}$
  - г)  $-\text{N}(\text{CH}_3)_2$

7. Число изомеров, относящихся к классу алифатических спиртов, для вещества, формула которого  $C_4H_{10}O$ , равно:
- 5
  - 3
  - 7
  - 4
8. Формула частицы, которая в органических реакциях проявляет только электрофильные свойства, имеет вид:
- $OH^-$
  - $CH_3^+$
  - $C_2H_5OH$
  - $H_2O_2$
9. Основным продуктом хлорирования 2-метилбутана на свету является:
- 2-хлор-2-метилбутан
  - 1-хлор-2-метилбутан
  - 1-хлор-3-метилбутан
  - 2-хлор-3-метилбутан
10. В реакции присоединения воды к бутину-1 в условиях Кучерова основным органическим продуктом является:
- Бутанол-2;
  - Бутандиол-1,2;
  - Бутаналь;
  - Бутанон.
11. Схема реакции, в которой основным органическим продуктом реакции является изопропилбензол (кумол), имеет вид:
- $C_6H_5COONa + (CH_3)_2CHCl \xrightarrow{t^\circ}$
  - $C_6H_5Cl + (CH_3)_2CHONa \xrightarrow{t^\circ}$
  - $C_6H_6 + (CH_3)_2CHCl \xrightarrow{AlCl_3}$
  - $C_6H_5ONa + (CH_3)_2CHCl \xrightarrow{t^\circ}$
12. Схема химической реакции получения синтетической уксусной кислоты в промышленности имеет вид:
- $CO + H_2 \xrightarrow{P, t^\circ, kat}$
  - $C_2H_5OH + O_2 \xrightarrow{kat}$
  - $C_4H_{10} + O_2 \xrightarrow{kat}$
  - $C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{ферменты}}$
13. Нитрование пропана азотной кислотой в условиях реакции Коновалова протекает по механизму:
- Радикального замещения;
  - Радикального присоединения;
  - Электрофильного присоединения;
  - Электрофильного замещения.
14. В отличие от бензола, толуол вступает в реакцию:
- Алкилирование;
  - Хлорирование в присутствии кислоты Льюиса;
  - Окисление перманганатом калия;
  - Присоединение водорода.
15. Нефтезаводские газы каких процессов переработки нефти содержат наибольшее количество фракции углеводородов  $C_4$ , являющейся источником для получения бутиленов, изобутилена, бутадиена-1,3?
- пиролиза;
  - термического крекинга;
  - каталитического крекинга;
  - вторичной перегонки бензина;
16. Оптимальные условия процесса дегидрирования этилбензола до стирола:

- а) температура 595<sup>0</sup>С, давление 0,1 МПа, железнооксидный катализатор;
  - б) температура 620<sup>0</sup>С, давление 1,2 МПа, хромооксидный катализатор.
  - в) температура 320<sup>0</sup>С, давление 0,1 МПа, серебряный катализатор.
  - г) температура 108 <sup>0</sup>С, давление 0,1 МПа, сернокислотный катализатор.
17. Как называется остаток вакуумной перегонки нефти?
- а) гудрон;
  - б) карбен;
  - в) битум;
  - г) мазут.
18. Сырьё для производства этиленоксида
- а) этан
  - б) этилен.
  - в) м-ксилол.
  - г) п-крезол.
19. Основные термические процессы нефтепереработки:
- а) термический крекинг под давлением, алкилирование, пиролиз
  - б) термический крекинг под давлением (висбрекинг), коксование, пиролиз
  - в) коксование, полимеризация, висбрекинг.
  - г) изомеризация, конденсация, полимеризация
20. С повышением времени пребывания сырья в реакционной камере процесса коксования выход кокса:
- а) уменьшается;
  - б) увеличивается;
  - в) остается неизменным;
  - г) меняется неоднородно

### Вариант 2

1. Допустимое содержание воды в нефти, поступающей на установку АВТ составляет:
- а) не более 1% мас.;
  - б) не более 5% мас.;
  - в) полное отсутствие;
  - г) не более 0,1%мас.
2. Какой процесс лежит в основе разделения нефти на фракции:
- а) процесс экстракции;
  - б) процесс абсорбции;
  - в) процесс перегонки;
  - г) процесс адсорбции;
3. Основные реакции каталитического риформинга
- а) дегидрирование и дегидроциклизация
  - б) крекинг и уплотнение
  - в) изомеризация
  - г) дегидратация и димеризация
4. Назначение процесса висбрекинга:
- а) углубление переработки нефти;
  - б) получение котельного топлива заданной вязкости;
  - в) получение бензина;
  - г) очистка нефти от механических примесей.
5. Недостатки метода получения винилхлорида гидрохлорированием ацетилена:
- а) недоступность исходного сырья;
  - б) взрывоопасность ацетилена;
  - в) токсичность ацетилена;
  - г) сложность аппаратного оформления.
6. Катализатор производства окиси этилена окислением этилена:
- а) хлорид одновалентной меди;
  - б) металлическое серебро;
  - в) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.
  - г) фосфорная кислота

7. Схема реакции, в которой основным органическим продуктом является простой эфир, имеет вид:

- а)  $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH} \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц}), t < 150^\circ\text{C}}$   
б)  $\text{C}_3\text{H}_7\text{ONa} + \text{C}_3\text{H}_7\text{COCl} \xrightarrow{t^\circ}$   
в)  $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH} + \text{C}_3\text{H}_7\text{COOH} \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц}), t^\circ}$   
г)  $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH} \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц}), t > 150^\circ\text{C}}$

8. Схема реакции, в результате которой в одну стадию образуется фенол, имеет вид:

- а)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}(\text{CH}_3)_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц})}$   
б)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COONa} + \text{NaOH} \xrightarrow{t^\circ}$   
в)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl} + \text{NaOH} \xrightarrow{t^\circ}$   
г)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3 + \text{KMnO}_4 \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4}$

9. Схема, в результате которой образуется альдегид, имеет вид:

- а)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{-CHCl}_2\text{-CH}_3 + \text{NaOH} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}}$   
б)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{-CCl}_3 + \text{NaOH} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}}$   
в)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{-CH}_2\text{Cl} + \text{NaOH} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}}$   
г)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{-CHCl}_2 + \text{NaOH} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}}$

10. Состав газов регенерации катализатора процесса каталитического крекинга:

- а)  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$   
б)  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$   
в)  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2$   
г)  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2$

11. Состав сырья процесса алкилирования:

- а) н-бутан, бутилены  
б) i-бутан, н-бутан, бутилены  
в) пропан, бутилены  
г) гептан, циклогексан

12. В каком процессе на НПЗ получается водородсодержащий газ:

- а) коксование;  
б) гидроочистка и гидрокрекинг;  
в) каталитический риформинг;  
г) каталитический крекинг;

13. Какой процесс лежит в основе разделения нефти на фракции:

- а) процесс экстракции;  
б) процесс абсорбции;  
в) процесс перегонки;  
г) процесс адсорбции;

14. Назначение каталитического риформинга

- а) получение реактивного топлива  
б) получение бутан-бутиленовой фракции  
в) получение высокооктановых бензинов и сырья для нефтехимии  
г) получение прямогонных дистиллятов

15. Нефтезаводские газы каких процессов переработки нефти содержат наибольшее количество этилена?

- а) пиролиза;  
б) термического крекинга;  
в) каталитического крекинга;  
г) вторичной перегонки бензина;

16. Основные виды сырья для производства винилхлорида:

- а) этилен, ацетилен;  
б) винилацетилен;  
в) этан;  
г) метан

17. Катализатор процесса окисления этилена до окиси этилена
- а) серная кислота;
  - б) соляная кислота;
  - в) алюмосиликаты;
  - г) серебро на носителе.
18. Тип реактора процесса окисления этилена до окиси этилена
- а) колонна;
  - б) объёмный реактор с мешалкой;
  - в) шахтная печь;
  - г) трубчатый реактор
19. Функциональной группой, которая относится к ориентантам II рода в реакциях электрофильного замещения в ароматическом ядре является:
- а)  $-\text{NO}_2$
  - б)  $-\text{OCH}_3$
  - в)  $-\text{Cl}$
  - г)  $-\text{N}(\text{CH}_3)_2$
20. При использовании какого окислителя ниже температура процесса производства окиси этилена окислением этилена?
- а) кислорода;
  - б) воздуха;
  - в) перманганата калия
  - г) азотной кислоты

### Вариант 3

1. Основные реакции каталитического риформинга
- а) дегидрирование и дегидроциклизация
  - б) крекинг и уплотнение
  - в) изомеризация
  - г) дегидратация и димеризация
2. Назначение процесса висбрекинга:
- а) углубление переработки нефти;
  - б) получение котельного топлива заданной вязкости;
  - в) получение бензина;
  - г) очистка нефти от механических примесей.
3. Недостатки метода получения винилхлорида гидрохлорированием ацетилена:
- а) недоступность исходного сырья;
  - б) взрывоопасность ацетилена;
  - в) токсичность ацетилена;
  - г) сложность аппаратного оформления.
4. Катализатор производства окиси этилена окислением этилена:
- а) хлорид одновалентной меди;
  - б) металлическое серебро;
  - в)  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .
  - г) фосфорная кислота
5. Какой углеводород является сырьём для производства терефталевой кислоты и её эфиров?
- а) бензол;
  - б) о-ксилол;
  - в) п-ксилол;
  - г) нафталин.
6. Какие вспомогательные вещества нефтехимического синтеза применяют в быту:
- а) неионогенные ПАВ в текстильной промышленности;
  - б) фармацевтические аппараты на основе аддуктов;
  - в) косметические препараты на основе ПАВ;
  - г) пищевые продукты с эмульгаторами.
7. Сырьё для производства этиленгликоля
- а) этиленоксид
  - б) пропиленоксид

- в) бутадиен-1,3
  - г) изопрен
8. Какие нефтезаводские газы называются сухими:
- а) непредельные (олефины):
  - б) предельные (парафины), преимущественно метан, этан;
  - в) предельные (парафины), преимущественно пропан, бутан;
  - г) водородсодержащий газ.
9. На сегодняшний день максимальная доля в мировом топливно-энергетическом балансе принадлежит:
- а) нефти;
  - б) газу;
  - в) твердому топливу;
  - г) ядерной энергии.
10. Допустимое содержание солей в нефти, поступающей на установку АВТ:
- а) 50 мг/л;
  - б) 10 мг/л;
  - в) 5 мг/л;
  - г) 100 мг/л.
11. Катализаторы каталитического риформинга
- а) алюмосиликатные
  - б) платино-рений-цезовые
  - в) цеолитсодержащие
  - г) кислоты Льюиса
12. Какие нефтезаводские газы называются «жирными»:
- а) непредельные (олефины):
  - б) предельные (парафины), преимущественно метан, этан;
  - в) предельные (парафины), преимущественно пропан, бутан;
  - г) водородсодержащий газ. .
13. Глубина переработки нефти – это:
- а) суммарное количество получаемых на НПЗ бензинов, керосинов, дизельных топлив, ароматических углеводородов, жидких парафинов и растворителей;
  - б) суммарное количество всех вырабатываемых нефтепродуктов, отнесенное к мощности НПЗ;
  - в) количество вырабатываемых на НПЗ товарных нефтепродуктов без учета топочного мазута и безвозвратных потерь, отнесенное к мощности НПЗ;
14. Факторы, интенсивно влияющие на процесс разрушения водонефтяных эмульсий на установке ЭЛОУ:
- а) нагревание + использование деэмульгаторов;
  - б) использование деэмульгаторов + отстаивание;
  - в) использование электрического поля переменного тока + отстаивание + перемешивание;
  - г) использование электрического поля переменного тока + нагревание + использование деэмульгаторов.
15. Катализаторы процесса алкилирования, используемые на российских заводах:
- а) алюмосиликаты
  - б) серная кислота
  - в) фтористоводородная кислота
  - г) платина, покрытая платиновой чернью
16. В каких процессах используется водородсодержащий газ:
- а) коксование
  - б) гидрогенизационные процессы, изомеризация;
  - в) каталитический крекинг;
  - г) депарафинизация.
17. Газ каталитического крекинга богат:
- а) этиленом
  - б) изобутаном
  - в) метаном
  - г) ацетиленом

18. Схема реакции, в результате которой в одну стадию образуется фенол, имеет вид:

- а)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}(\text{CH}_3)_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц})}$   
б)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COONa} + \text{NaOH} \xrightarrow{t^\circ}$   
в)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl} + \text{NaOH} \xrightarrow{t^\circ}$   
г)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3 + \text{KMnO}_4 \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4}$

19. Схема, в результате которой образуется альдегид, имеет вид:

- а)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{-CHCl}_2\text{-CH}_3 + \text{NaOH} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}}$   
б)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{-CCl}_3 + \text{NaOH} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}}$   
в)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{-CH}_2\text{Cl} + \text{NaOH} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}}$   
г)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{-CHCl}_2 + \text{NaOH} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}}$

20. Состав газов регенерации катализатора процесса каталитического крекинга:

- а)  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$   
б)  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$   
в)  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2$   
г)  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2$

#### Вариант 4

1. Нефтезаводские газы каких процессов переработки нефти содержат наибольшее количество этилена?

- а) пиролиза;  
б) термического крекинга;  
в) каталитического крекинга;  
г) вторичной перегонки бензина;

2. Основные виды сырья для производства винилхлорида:

- а) этилен, ацетилен;  
б) винилацетилен;  
в) этан;  
г) метан

3. Катализатор процесса окисления этилена до окиси этилена

- а) серная кислота;  
б) соляная кислота;  
в) алюмосиликаты;  
г) серебро на носителе.

4. Тип реактора процесса окисления этилена до окиси этилена

- а) колонна;  
б) объёмный реактор с мешалкой;  
в) шахтная печь;  
г) трубчатый реактор

5. За счет каких углеводородов бензин каталитического риформинга имеет высокое октановое число

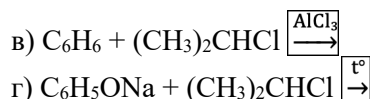
- а) нормальных алканов  
б) нафтен  
в) аренов(ароматических углеводородов)  
г) алкенов изостроения

6. Перспективное алкилирование изобутана олефинами:

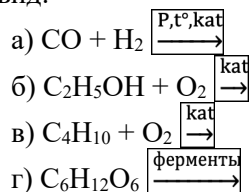
- а) жидкокислотное  
б) твердокислотное  
в) твердощелочное  
г) жидкощелочное

7. Схема реакции, в которой основным органическим продуктом реакции является изопропилбензол (кумол), имеет вид:

- а)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COONa} + (\text{CH}_3)_2\text{CHCl} \xrightarrow{t^\circ}$   
б)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl} + (\text{CH}_3)_2\text{CHONa} \xrightarrow{t^\circ}$



8. Схема химической реакции получения синтетической уксусной кислоты в промышленности имеет вид:



9. Нитрование пропана азотной кислотой в условиях реакции Коновалова протекает по механизму:

- а) Радикального замещения;
- б) Радикального присоединения;
- в) Электрофильного присоединения;
- г) Электрофильного замещения.

10. В отличие от бензола, толуол вступает в реакцию:

- а) Алкилирование;
- б) Хлорирование в присутствии кислоты Льюиса;
- в) Окисление перманганатом калия;
- г) Присоединение водорода.

11. Нефтезаводские газы каких процессов переработки нефти содержат наибольшее количество фракции углеводородов  $\text{C}_4$ , являющейся источником для получения бутиленов, изобутилена, бутадиена-1,3?

- а) пиролиза;
- б) термического крекинга;
- в) каталитического крекинга;
- г) вторичной перегонки бензина;

12. Оптимальные условия процесса дегидрирования этилбензола до стирола:

- а) температура  $595^\circ\text{C}$ , давление 0,1 МПа, железнооксидный катализатор;
- б) температура  $620^\circ\text{C}$ , давление 1,2 МПа, хромооксидный катализатор.
- в) температура  $320^\circ\text{C}$ , давление 0,1 МПа, серебряный катализатор.
- г) температура  $108^\circ\text{C}$ , давление 0,1 МПа, сернокислотный катализатор.

13. Как называется остаток вакуумной перегонки нефти?

- а) гудрон;
- б) карбен;
- в) битум;
- г) мазут.

14. Сырьё для производства этиленоксида

- а) этан
- б) этилен.
- в) м-ксилол.
- г) п-крезол.

15. Основные термические процессы нефтепереработки:

- а) термический крекинг под давлением, алкилирование, пиролиз
- б) термический крекинг под давлением (висбрекинг), коксование, пиролиз
- в) коксование, полимеризация, висбрекинг.
- г) изомеризация, конденсация, полимеризация

16. Какие вспомогательные вещества нефтехимического синтеза применяют в быту:

- а) неионогенные ПАВ в текстильной промышленности;
- б) фармацевтические аппараты на основе аддуктов;
- в) косметические препараты на основе ПАВ;
- г) пищевые продукты с эмульгаторами.

17. Сырьё для производства этиленгликоля

- а) этиленоксид
- б) пропиленоксид
- в) бутадиен-1,3
- г) изопрен



18. Какие нефтезаводские газы называются сухими:

- а) непредельные (олефины);
- б) предельные (парафины), преимущественно метан, этан;
- в) предельные (парафины), преимущественно пропан, бутан;
- г) водородсодержащий газ.

19. На сегодняшний день максимальная доля в мировом топливно-энергетическом балансе принадлежит:

- а) нефти;
- б) газу;
- в) твердому топливу;
- г) ядерной энергии.

20. Катализаторы каталитического риформинга

- а) алюмосиликатные
- б) платино-рений-цезиевые
- в) цеолитсодержащие
- г) кислоты Льюиса

Студент должен решить один вариант тестовых заданий из четырёх возможных. При правильном решении всех вопросов тестового задания студент получает 10 баллов, т.е. по 0,5 баллов за каждый правильный ответ.