

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

«30» 05 2022 г.

### ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по дисциплине:

Б1.В.ДВ.02.01 Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза

Направление подготовки:

18.03.01 «Химическая технология»

Профиль подготовки:

«Химическая технология органических веществ»

Квалификация:

бакалавр

Форма обучения:

заочная

Нижнекамск 2022

Составитель ФОС:

Старший преподаватель кафедры НХС  Н.И. Мифтахова

ФОС рассмотрен и одобрен на заседании кафедры НХС, протокол от 06.04.2022 г. № 8.

Зав. кафедрой НХС



Р.З. Агзамов

Ответственный за ООП, разработчик УП  А.И. Новожилова

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

Компетенции:

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

*ПК-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

*ПК-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

*ПК-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> (указать все темы из РПД)				<b>Наименование оценочного средства</b>
	<b>Лекции</b>	<b>Практические занятия, лабора- торный практикум</b>	<b>Лабораторные занятия</b>	<b>Курсовой проект (работа)</b>	
ПК-5.1	<b>Темы 1-18</b>	<b>Тема 1-17</b>	<b>Тема 1-10</b>	<b>Не предусмотрены</b>	<b>Отчет по лаборатор- ным работам, коллок- виумы, круглые столы, экзамен</b>
ПК-5.2	<b>Темы 1-18</b>	<b>Тема 1-17</b>	<b>Тема 1-10</b>	<b>Не предусмотрены</b>	<b>Отчет по лаборатор- ным работам, коллок- виумы, круглые столы, экзамен</b>
ПК-5.3	<b>Темы 1-18</b>	<b>Тема 1-17</b>	<b>Тема 1-10</b>	<b>Не предусмотрены</b>	<b>Отчет по лаборатор- ным работам, коллок- виумы, круглые столы, экзамен</b>

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

Оценивающие мероприятия	Кол-во	Баллы	
		min	max
<b>6 семестр</b>			
Лабораторная работа	3	18	30
Коллоквиум	1	18	30
Круглый стол	1	12	20
Контрольная работа	1	12	20
ИТОГО		60	100
<b>7 семестр</b>			
Лабораторная работа	3	18	30
Коллоквиум	1	6	10
Круглый стол	1	6	10
Контрольная работа	1	6	10

Экзамен	1	24	40
ИТОГО		60	100

***Шкала оценивания***

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

2	Ниже 60	Неудовлетворительно (не зачтено)	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы, необходимые практические компетенции не сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному
---	---------	-------------------------------------	---

### Краткая характеристика оценочных средства

<i>№ п/п</i>	<i>Наименование оценочного сред- ства</i>	<i>Краткая характеристика оценочного средства</i>	<i>Представление оценочного средст- ва в фонде</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
1.	Лабораторная ра- бота	Это вид учебной работы, целью которой является изучение (исследование, измерение) характери- стик лабораторного объекта. Цель лабораторных занятий: освоение изучаемой учебной дисциплины; приобретение навыков практического применения знаний учебной дис- циплины (дисциплин) с использованием техниче- ских средств и (или) оборудования	Темы лабораторных работ, контрольные вопросы по теме ла- бораторной работы, вопросы к коллок- виуму
2.	Практическое за- нятие	В ходе практических работ студенты овладевают умениями пользоваться работать с нормативными документами и инструктивными материалами, справочниками, составлять техническую доку- ментацию; 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 дея- тельности с преподавателями.	Темы практических занятий; контроль- ные вопросы и зада- ния по теме прак- тического занятия
3.	Коллоквиум	Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, органи- зованное как учебное занятие в виде собеседова- ния преподавателя с обучающимися.	Вопросы по те- мам/разделам дис- циплины
4.	Круглый стол, дискуссия, поле- мика, диспут, де- баты	Оценочные средства, позволяющие включить обучающихся в процесс обсуждения спорного вопроса, проблемы и оценить их умение аргумен- тировать собственную точку зрения.	Перечень дискусси- онных тем для про- ведения круглого стола, дискуссии, полемики, диспута, дебатов

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 органических веществ»

**Перечень вопросов на экзамен**  
по дисциплине «Химия и технология основного органического и  
нефтехимического синтеза»

1. Пиролиз углеводородного сырья
2. Каталитический риформинг
3. Каталитический крекинг
4. Получение изопентана изомеризацией н-пентана
5. Получение этилбензола алкилированием бензола этиленом
6. Получение триметилкарбинола гидратацией изобутилена
7. Получение изобутилена дегидратацией триметилкарбинола
8. Получение метил-трет-бутилового эфира
9. Олигомеризация олефинов на фосфорнокислотных катализаторах
10. Олигомеризация этилена в присутствии триэтилалюминия
11. Получение этиленгликоля гидратацией окиси этилена
12. Эпоксидирование пропилена
13. Получение окиси этилена
14. Очистка пропилена гидрированием МАПД
15. Получение стирола дегидратацией метилфенилкарбинола
16. Исходные вещества органического синтеза - парафины
17. Исходные вещества органического синтеза – олефины
18. Исходные вещества органического синтеза – ароматические углеводороды
19. Исходные вещества органического синтеза – СО и синтез-газ

**Критерии оценки:**

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

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

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

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



Министерство 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

**Содержание коллоквиумов**  
по дисциплине Б1.В.ДВ.02.01 Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза

Коллоквиум 1 «Структура производств основного органического синтеза»

1. Теоретические основы технологии основного органического синтеза. Структура производств основного органического синтеза.
2. Особенности технологии основного органического синтеза.
3. Этапы развития нефтеперерабатывающей и газовой промышленности. Важнейшие продукты основного органического и нефтехимического синтеза.

Коллоквиум 3 «Процессы олигомеризации и алкилирования»

1. Основные закономерности реакций олигомеризации низших олефинов на кислотных катализаторах. Технология производства тримеров и тетрамеров пропилена. Область применения высших разветвленных  $\alpha$ -олефинов.
2. Изомеризация пентана. Химизм, катализаторы, кинетика, условия проведения процесса.
3. С-алкилирование ароматических углеводородов. Химизм, катализаторы, кинетика, условия проведения процесса. Получаемые продукты.
4. О-алкилирование ароматических углеводородов. Химизм, катализаторы, кинетика, условия проведения процесса. Производство неионогенных ПАВ.

**Критерии оценки:**

6 семестр:

Максимально 30 баллов (за 1 коллоквиум) - за полный, развернутый ответ на поставленные вопросы.

Минимально 18 баллов (за 1 коллоквиум) – за неполный ответ с допущением грубых ошибок при определении сущности раскрываемых понятий, теорий, явлений

7 семестр:

Максимально 10 баллов (за 1 коллоквиум) - за полный, развернутый ответ на поставленные вопросы.

Минимально 6 баллов (за 1 коллоквиум) – за неполный ответ с допущением грубых ошибок при определении сущности раскрываемых понятий, теорий, явлений

**Комплект заданий для лабораторных работ**  
по дисциплине Б1.В.ДВ.02.01 Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза

Лабораторная работа №1 «Методы разделения органических смесей.  
Простая перегонка»

**Простая перегонка** является наиболее быстрым методом разделения смеси жидких веществ. Однако она обеспечивает удовлетворительное разделение только такой смеси, компоненты которой различаются по температурам кипения не менее чем на 80 °С, а для хорошего разделения эта разница должна быть не менее 150 °С. Поэтому простую перегонку обычно используют для отгонки низкокипящего растворителя от реакционной массы или для очистки жидкости, содержащей небольшое количество высококипящих примесей.

Часто при перегонке температура кипящей жидкости вследствие перегрева несколько выше, чем температура пара. Перегревы, возникающие при отсутствии центров кипения в перегоняемой жидкости, приводят к сильным толчкам, в результате которых вещество вместе с примесями и загрязнениями может быть переброшено в приёмник. Для предотвращения этого в колбу с перегоняемой жидкостью вносят так называемые «кипелки» (рис. 2.1).



Р и с. 2.1. Простая перегонка

Метод фракционной перегонки основан на том, что при частичном испарении жидкой смеси концентрация более летучего компонента в парах больше, чем в жидкости, из которой они образовались. В жидкости, оставшейся в перегонной колбе, процентное содержание летучего компонента становится меньше, чем в исходной смеси, поэтому температура кипения перегоняемой смеси в процессе перегонки будет непрерывно повышаться, и состав паров будет меняться.

Фракционную перегонку производят следующим образом. Когда весь прибор собран, его тщательно проверяют и затем начинают нагревание. В зависимости от температуры кипения нагревание ведут на бане или на закрытом электронагревательном приборе. Скорость перегонки выбирают такую, чтобы стекало не более 1–2 капель дистиллята в секунду. Простая перегонка на практике чаще всего используется для отгонки растворителей: ацетона, спирта, бензола, эфира.

При выполнении работ по фракционной перегонке необходимо соблюдать следующие правила:

1. Перегонную колбу нужно заполнять перегоняемым веществом не более чем на  $\frac{2}{3}$  объема. Следует применять только круглодонные или грушевидные колбы.
2. В перегоняемую жидкость необходимо внести «кипелки» - запаянные с одного конца капилляры или кусочки пористого материала (кирпича, неглазурованного фарфора, пемзы). Ни в коем случае не следует вносить кипелки в нагретую жидкость, в противном случае может произойти бурное вскипание и выброс жидкости из перегонной колбы.

3. При нагреве перегонной колбы на электроплитке следует предохранять часть колбы выше уровня жидкости от перегрева, закрывая ее асбестом.

4. Холодильник должен иметь достаточный наклон, чтобы в широкой части трубки не скапливалась жидкость.

5. При температурах перегонки выше 160 °С следует применять только воздушный холодильник. Применение водяного холодильника в этом случае возможно только при охлаждении горячей водой.

*Дано:* смесь органического вещества (А) с растворителем (В).

*Задание:* простой перегонкой очистить вещество А от растворителя В.

Ход перегонки охарактеризовать графической зависимостью между количеством дистиллята и температурой перегонки.

Рассчитать выход основной фракции в % от потенциала.

### Лабораторная работа №2 «Методы разделения органических смесей. Вакуумная перегонка»

Между перегонной установкой и вакуумным насосом всегда необходимо устанавливать предохранительные системы. В случае применения водоструйного насоса назначение предохранительной системы – предотвращение затягивания воды из насоса в манометр и перегонную установку при случайном падении напора воды в водопроводной сети. Предохранителем может служить склянка или обратный клапан или же сочетание того и другого.

При нагревании под вакуумом из жидкостей легко удаляются все растворенные газы, поэтому жидкости могут перегреваться выше температуры кипения и кипят неравномерно. При бурном вскипании возможно бурное вспенивание и переброс из перегонной колбы. Обычные кипелки в этом случае не помогают, поэтому для обеспечения равномерного кипения в вакууме применяют специальные методы. Чаще всего подводят воздух или инертный газ через капилляр, вставленный через горло перегонной колбы и доходящий до дна. Очень важно, чтобы капилляр пропускал газа не больше, чем это необходимо для обеспечения равномерного кипения, так как при разбавлении паров перегоняемого вещества газом температура, показываемая термометром, не будет соответствовать температуре кипения перегоняемого вещества при данном вакууме. Кроме того, будет затруднена полная конденсация паров в холодильнике, что вызовет их унос в вакуумную линию.

При перегонке под вакуумом следует соблюдать следующие правила:

1. Все детали установки для вакуумной перегонки должны легко выдерживать давление атмосферного воздуха. Совершенно недопустимо применение тонкостенных сосудов с плоским дном. Установку для работы с вакуумом следует расположить в таком месте, чтобы в случае разрыва ее разлетающиеся осколки не поранили бы соседей по работе. Работающий должен обязательно применять защитные средства (очки, щиток, экран).

2. Кипение жидкостей в условиях вакуума часто происходит при значительном вспенивании, поэтому перегонную колбу нельзя наполнять перегоняемой жидкостью более, чем наполовину.

3. Приемник для дистиллята должен обеспечивать возможность отбора нескольких фракций без прекращения перегонки.

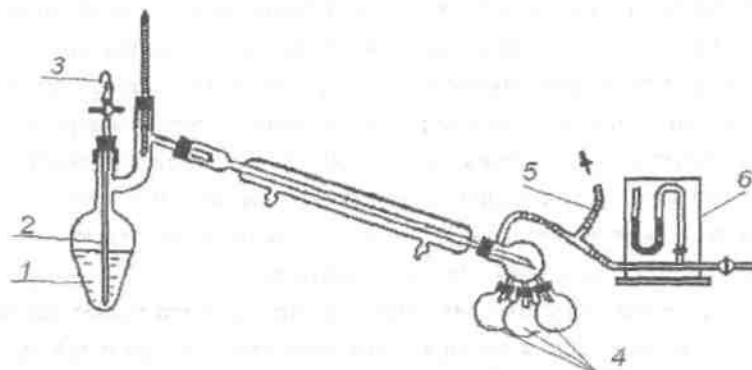
4. До начала перегонки нужно убедиться в том, что установка достаточно герметична и необходимый вакуум легко достигается.

5. Нагревать перегонную колбу, во избежание перегрева и бурного вскипания жидкости, можно лишь после создания необходимого вакуума.

6. при вынужденном временном прекращении перегонки (например, смена приемников), во избежание перегрева жидкости, нагрев перегонной колбы следует прекращать.

7. Заканчивая перегонку, необходимо сначала убрать нагревательный прибор из-под перегонной колбы, затем, не прекращая работы насоса, стравить вакуум в системе, открыв кран, сообщающий вакуумную установку с атмосферой, и только после этого останавливать насос.

Прибор для перегонки в вакууме (рис. 2.3) состоит из колбы Клайзена, форма которой такова, что возможность переброса перегоняющейся жидкости в дистиллят при вспенивании или разбрызгивании минимальна. Капилляр (стеклянная трубка с тонко оттянутым концом) должен доходить почти до дна колбы (1-2 мм от дна) для поддержания равномерного кипения. Через капилляр просасывают мелкие пузырьки газа (воздуха, азота, углекислого газа). Количество газа, поступающего через капилляр, можно регулировать зажимом. Приступая к работе при пониженном давлении (под вакуумом), необходимо соблюдать все меры предосторожности и надевать защитные очки или лицевые щитки из пластмассы.



Р и с. 2.3. Перегонка под вакуумом:  
1 – перегонная колба; 2 – капилляр с оттянутым концом; 3 – тонкая проволока, вставленная в каучуковую трубку; 4 – приёмники конденсата; 5 – отвод к предохранительной склянке вакуум-насоса; 6 – манометр

Эффективность вакуум-перегонки в значительной степени зависит от герметичности установки. Чтобы проверить это, плотно закрывают зажимом резиновую трубку, соединённую к капилляру, включают насос и наблюдают, как быстро создаётся необходимое разрежение. Если поворотом зажима отключают прибор от насоса, уровень ртути в манометре должен оставаться без изменения.

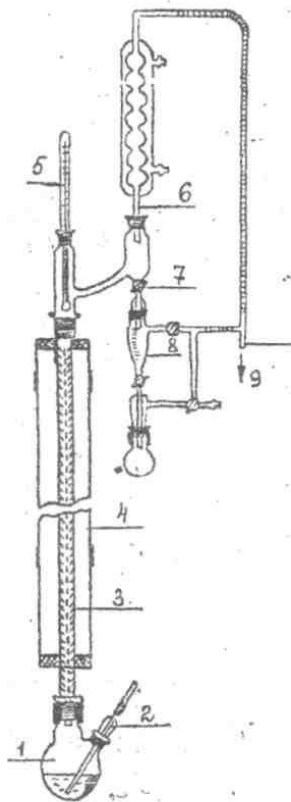
После окончания перегонки, прежде всего, убирают нагрев, поворотом зажима отключают прибор и манометр от вакуум-насоса и, медленно открывая винтовой зажим, который зажимает резиновую трубку на капилляре колбы Клайзена, дают воздуху проникнуть внутрь прибора для выравнивания давления.

*Дано:* смесь вещества А с растворителем В, как в опыте 1.

*Задание:* очистить вещество А от растворителя В при помощи вакуумной перегонки (степень разрежения задаётся преподавателем). Построить график зависимости между количеством дистиллята и температурой перегонки (см. рис. 2.5). Рассчитать выход основной фракции в % от потенциала.

### Лабораторная работа №3 «Ректификация бинарных смесей»

Наиболее распространенным методом разделения смесей или очистки веществ является ректификация.



Р и с. 2.4. Ректификационная установка:  
1 – колба; 2 – капилляр; 3 – колонка;  
4 – рубашка; 5 – термометр;  
6 – конденсатор; 7 – вентиль для регулирования соотношения флегмы и конденсата; 8 – приемник; 9 – выход к вакуум-насосу

Схема лабораторной ректификационной установки изображена на рис. 2.4.

Эффективность работы колонки зависит от количества флегмы, поступающей на орошение.

Ректификацию можно вести как при атмосферном давлении, так и в вакууме.

#### **Ректификация бинарной смеси**

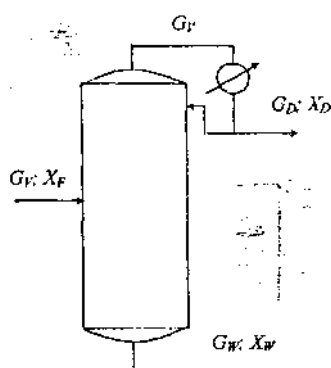
Целью работы является разделение бинарной смеси на лабораторной ректификационной колонке; составление материального баланса процесса; расчёт числа теоретических тарелок графическим методом; расчёт оптимального избытка флегмы.

*Проведение работы.*

*Дано:* смесь компонентов А и В.

*Задание:* разделить бинарную смесь ректификацией на колонне с определённым флегмовым числом, которое задаётся преподавателем.

Потоки при ректификации (рис. 2.6):



Р и с. 2.6. Схема потоков ректификационной колонны

$G_F$  – количество питания, г/час;

$X_F$  – массовая доля легкокипящего компонента (ЛКК) в питании;

$G_D$  – количество дистиллята, г/час;

$X_D$  – массовая доля ЛКК в дистилляте;

$G_W$  – количество кубовой жидкости, г/час;

$X_W$  – массовая доля ЛКК в кубе;

$G_V$  – количество паров, уходящих сверху колонны, г/час;

$G_R$  – количество флегмы, подаваемой в колонну, кг/час, кмоль/час, м<sup>3</sup>/час.

Исходные данные для разделяемой смеси

№ п/п	Компонент	$t_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$	$M_i$ , г/моль	Вязкость при 84 $^\circ\text{C}$	Количество $G_F$ смеси (питания), г	Флегмовое число (экспериментальное)
1	А	89	99	0,34	126	4
2	В	109	133	0,46		

Получив у лаборанта бинарную смесь (А+В), подвергаемую перегонке, следует отобрать пробу и с помощью рефрактометра определить показатель преломления смеси  $n_D^{20}$ . Полученную величину заносят в отчёт. Одновременно определяют показатель преломления чистых компонентов А и В ( $n_{D(A)}^{20}, n_{D(B)}^{20}$ ) и строят диаграмму в координатах х-у-2 (рис. 2.7). Так как показатель преломления является величиной аддитивной (т.е. показатель преломления любой смеси равен сумме показателей преломления всех компонентов смеси с учётом их содержания), то точки показателей преломления любой из смесей будут располагаться на прямой, соединяющей  $n_{D(A)}^{20}$  и  $n_{D(B)}^{20}$  (линия А-В на рис.

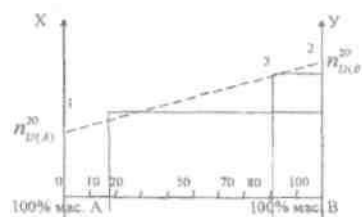


Рис. 2.7. Диаграмма зависимости показателя преломления от составов исследуемых смесей

2.7). На рисунке точка 3 является величиной показателя преломления исследуемой смеси. Опустившись на ось X, определяем её состав (массовые %): 19,8% А и 80,2% В.

Затем следует взвесить пустую перегонную колбу (куб колонны) на 200-250 мл и зафиксировать её вес в отчёте. Далее производят загрузку перегонной двугорлой колбы, взвешивают вместе с перегоняемой смесью и вычисляют вес смеси. После этого присоединяют куб к нижней части колонки, включают обогрев и доводят жидкость до кипения. Одновременно с помощью ЛАТРа включают небольшой обогрев «рубашки» колонны. Далее регулируют обогрев колбы и рубашки так, чтобы с нижнего капельника колонки стекало больше капель, чем с верхнего, но захлёбывания не происходило.

В таком режиме колонка должна поработать на себя (т.е. без отбора дистиллята) в течение 1-2 ч.

Сущность работы заключается в следующем: после установления равновесия в колонке отбирают одновременно пробу из перегонной колбы и пробу дистиллята и определяют их состав.

Отбор дистиллята осуществляется поворотом крана головки, при этом часть конденсирующихся в холодильнике паров поступает в приёмник. Скорость отбора дистиллята подбирают в соответствии с заданной величиной флегмового числа (R):

$$R = \frac{\text{количество}_\text{орошения} \text{ капли} / \text{мин}}{\text{количество}_\text{дистиллята} \text{ капли} / \text{мин}},$$

Отбор дистиллята можно проводить непрерывно или периодически. Следует иметь в виду, что при отборе индивидуального вещества величину флегмового числа можно уменьшить; при отборе промежуточных фракций, для достижения наиболее чёткого разделения, флегмовое число увеличивают, уменьшая скорость отбора фракций.

Нарушение режима ректификации может сопровождаться захлёбыванием колонки. Независимо от того, где колонка начинает захлёбываться, в верхней или нижней части, прежде всего, необходимо уменьшить подогрев колбы. Обогрев рубашки следует регулировать только при малой величине флегмы.

По полученным экспериментальным значениям  $n_D^{20}$  определяем содержание легкокипящего компонента (% мас.) в дистилляте ( $X_D$ ), кубе ( $X_R$ ) и в питании ( $X_F$ ). Получаем следующие значения, % мас. Записываем результаты эксперимента в виде таблицы:

$$X_D = 99.5\%, X_R = 2\%, X_F = 19.8\%$$

Находим количество дистиллята и куба по уравнениям материального баланса ректификационной колонны непрерывного действия:

$$\begin{cases} G_D \overline{x_D} + G_W \overline{x_W} = G_F \overline{x_F}, \\ G_D + G_W = G_F. \end{cases}$$

Следовательно,  $G_W = 126 - G_D$ ;

$$0.995 G_D + 0.02(126 - G_D) = 126 \cdot 0.198;$$

$$0.993 G_D = 22.47;$$

$$G_D = 22.63 \text{ г / час.}$$

$$22,36 \cdot 0,995 = 22,52 \text{ г / час}(A);$$

$$22,63 \cdot 0,005 = 0,11 \text{ г / час}(B);$$

$$G_W = 126 - 22.63 = 103.37 \text{ г / час};$$

$$103,37 \cdot 0,02 = 103,37 \text{ г / час}(A);$$

Отсюда

$$103,37 \cdot 0,98 = 101,3 \text{ г / час}(B).$$

Для дальнейших расчетов переходим от массовых процентов (долей) к мольным:

$$x_D = \frac{\overline{x_D} / M_A}{\sum \overline{x_{Di}} / M_i} = \frac{0.995 / 99}{0.995 / 99 + 0.005 / 133} = 0.996 (\text{мольн});$$

$$x_R = \frac{\overline{x_R} / M_A}{\sum \overline{x_{Ri}} / M_i} = \frac{0.02 / 99}{0.02 / 99 + 0.98 / 133} = 0.027 (\text{мольн});$$

$$x_F = \frac{\overline{x_F} / M_A}{\sum \overline{x_{Fi}} / M_i} = \frac{0.198 / 99}{0.198 / 99 + 0.802 / 133} = 0.25 (\text{мольн});$$

**Графический расчёт числа тарелок (ЧТ) по экспериментальным данным.** Построение кривой равновесия бинарной смеси X-Y, где X- содержание легколетучего компонента в жидкой фазе, осуществляют после выполнения расчётов по определению X и Y в интервале температур кипения легкокипящего и тяжелокипящего компонентов.

Расчёт содержания легколетучего компонент проводят по уравнениям

$$X = \frac{P - P_{т.к.к.}}{P_{л.к.к.} - P_{т.к.к.}}; Y = \frac{P_{л.к.к.} \cdot X}{P},$$

где P - атмосферное давление;  $P_{т.к.к.}$  - давление тяжелокипящего компонента;

$P_{л.к.к.}$  — давление легкокипящего компонента.

Давление насыщенных паров чистых компонентов находят в справочниках или определяют по уравнению Антуана:

$$\lg P = A - \left[ \frac{B}{t + C} \right]$$

где t - температура, °C; A, B, C - коэффициенты Антуана (табл. 2).

Таблица 2

Коэффициенты Антуана для некоторых органических веществ

Вещество	A	B	C
Гексан	6,8770	1171,530	224,366
Гептан	6,9020	1266,870	216,760
Октан	7,4717	1641,520	234,500
Декан	6,9540	1501,268	194,480
Бензол (-20 – 5,5 °C)	6,4890	902,280	178,100
« (5,5 – 160 °C)	6,9121	1214,640	221,200

« (160–289 °С)	7,4291	1628,320	279,560
Толуол (20–200 °С)	6,9533	1343,940	219,377
Изопропилбензол (60–200 °С)	6,9367	1460,793	207,777
Изопропиловый спирт	8,2410	1652,600	230,000

Расчётные данные в интервале  $t_{л.к.к.} - t_{т.к.к.}$  сводим в таблицу (табл.3).

Таблица 3

Расчёт содержания легколетучего компонента (А) в жидкой (Х) и газовой (У) фазах

t, °С	Давления насыщенных паров чистых компонентов, мм рт.ст.		Р <sub>общ</sub> , мм рт. ст.	Р <sub>А</sub> – Р <sub>В</sub> , мм рт.ст.	Р <sub>общ</sub> – Р <sub>В</sub> , мм рт.ст.	$X = \frac{P_{общ} - P_B}{P_A - P_B}$	$Y = \frac{P_A}{P_{общ}} \cdot X$
	Р <sub>В</sub>	Р <sub>А</sub>					
89	354	895	760	541	406	0,75	0,88
94	417	1036	760	619	343	0,55	0,68
99	488	1194	760	706	372	0,38	0,61
104	569	1371	760	802	191	0,24	0,43
109	660	1561	760	907	100	0,11	0,23

Полученные расчётом значения Х и У наносим на график в координатах Х–У. Объединив точки  $Y_{89, \dots, 109}$ , получаем кривую равновесия фаз (рис. 2.8). После завершения разгонки и определения  $X_D$  и  $X_W$  строим рабочие линии (ОД) исчерпывающей и укрепляющей частей колонны.

Уравнение рабочей линии верхней части колонны рассчитывается по формуле

$$y = \frac{R}{R+1} x + \frac{X_D}{R+1}$$

Здесь R – реальное флегмовое число,  $R = \beta \cdot R_{\min} + 0.3$ , где  $\beta$  – коэффициент избытка флегмы;

$$R_{\min} = \frac{X_D - Y_F^*}{Y_F^* - X_F}$$

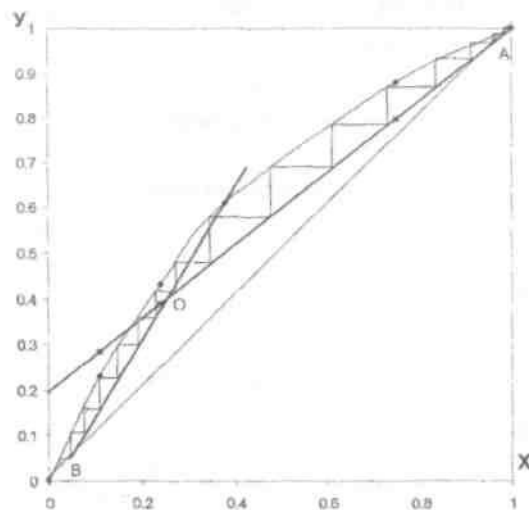
где  $Y_F^*$  – содержание легколетучего компонента в парах питания, определяется по кривой равновесия; в нашем случае  $Y_F^* = 0,44$ ;

$$R_{\min} = \frac{0.996 - 0.44}{0.44 - 0.25} = \frac{0.556}{0.19} = 2.93$$

Реальное флегмовое число R находится по уравнению

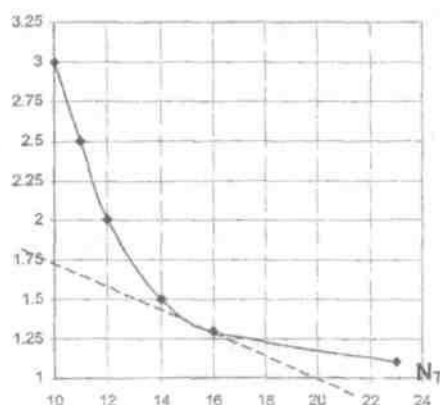
$$R = \beta \cdot R_{\min} + 0.3,$$





Р и с. 2.8. Построение рабочих линий ректификационной колонны

Пределы изменения  $\beta$  обычно очень широки - от 1 до 3, поэтому необходимо определить оптимальное флегмовое число и значение  $\beta$ . Оно находится из графика  $R = f(N_T)$  (рис. 2.9).



Р и с. 2.9. Зависимость числа теоретических тарелок от коэффициента избытка флегмы

Для построения графика принимаем ряд значений  $\beta$  в интервале 1-3, вычисляем  $R$ ; для каждого полученного значения  $R$  выводим уравнение рабочей линии верхней части колонны.

Результаты расчёта приведены в табл.4.

Таблица 4

Результаты расчёта

Коэффициент избытка флегмы $\beta$	$R = \beta \cdot R_{\min} + 0.3,$ $R_{\min} = 2,93$	$\frac{R}{R+1}$	$\frac{X_D}{R+1}$	$y = \frac{R}{R+1}x + \frac{X_D}{R+1}$	Число теорети- ческих тарелок
1,1	3,52	0,78	0,220	$y=0.78x+0.22$	23
1,3	4,10	0,80	0,195	$y=0.80x+0.195$	16
1,5	4,69	0,82	0,175	$y=0.82x+0.175$	14
2,0	6,16	0,86	0,139	$y=0.8x+0.139$	12
2,5	7,62	0,88	0,115	$y=0.88x+0.115$	11
3,0	9,03	0,90	0,099	$y=0.90x+0.099$	10

Задаёмся значениями  $X$  в пределах  $0.1 < x < 0.75$  (меньше, чем содержание высококипящего компонента в питании) и рассчитываем  $Y$ :

$$Y = 0.80X + 0.195$$

X	0.75	0.55	0.385	0.24	0.11
Y	0.795	0.635	0.503	0.387	0.283

Для определения числа теоретических тарелок необходимо вывести уравнение ра-

бочей линии нижней части колонны;

$$y = \frac{R+F}{R+1}x - \frac{F-1}{R+1}X_w,$$

где  $F$  - мольный расход питания (относительный),

$$F = \frac{X_D - X_w}{X_F - X_w} = \frac{0.996 - 0.027}{0.25 - 0.027} = 4.34.$$

Для выбранного нами случая  $R=4,1$  (при  $\beta=1,3$ ) получаем

$$y = \frac{4,1 + 4,34}{4,1 + 1}x - \frac{4,34 - 1}{4,1 - 1}0,027;$$

$$y = 1,65x - 0,0177$$

Значения  $X$  должны быть меньше  $X_F$ :

X	0.24	0.11	0.05	0.02
Y	0.378	0.163	0.118	0.015

Число теоретических тарелок (ступеней изменения концентрации) определяется путём построения ступенчатой линии (см. рис.2.8), состоящей из горизонтальных и вертикальных отрезков между рабочими линиями и кривой равновесия в пределах изменения  $X$  (содержание легкокипящего компонента) от  $X_D$  до  $X_w$ . Количество ступеней соответствует числу теоретических тарелок.

Из табл. 2.6 видно, что при изменении избытка флегмы от 1,1 до 3,0 число теоретических тарелок уменьшается от 23 до 10.

Оптимальное значение  $\beta$  соответствует точке М, ниже которой с уменьшением количества избытка флегмы резко возрастает. Для рассматриваемого случая  $\beta=1,3$ ; число теоретических тарелок равно 16.

Для определения реального количества тарелок необходимо принять коэффициент полезного действия тарелки

$$N = \frac{N_T}{\eta_{к.п.д.}}$$

который в зависимости от типа тарелки может изменяться в широких пределах от 0,2 до 0,9.

Можно оценить КПД тарелки по эмпирическому уравнению

$$\eta = 0,49(\mu_{ж} \cdot \alpha)^{-0,245} = 0,49(0,43 \cdot 2,53)^{-0,245} = 0,28,$$

где  $a$  - коэффициент относительной летучести смеси,  $\alpha = \frac{P_{л.к.к.}}{P_{т.к.к.}}$ ;  $\mu$  - вязкость жидкой смеси, сП.

Вязкость смеси углеводородов можно определить в зависимости от молярной концентрации их в смеси по правилу аддитивности:

$$\mu_{см} = \sum X_i' \cdot M_i = 0,25 \cdot 0,345 + 0,75 \cdot 0,46 = 0,43 сП;$$

$$\eta = 0,49(0,43 \frac{895}{354})^{-0,245} = 0,42;$$

$$N = \frac{N_T}{\eta} = \frac{16}{0,42} = 38 тарелок.$$

По экспериментальным и расчётным данным составляем материальный баланс процесса ректификации (табл. 5).

Таблица 5

Материальный баланс ректификации

Компоненты	M <sub>i</sub> , г/моль	Питание				Дистиллят				Куб			
		m <sub>i</sub> , г	% мас	n <sub>i</sub> , моль	% мол.	m <sub>i</sub> , г	% масс.	n <sub>i</sub> , моль	% мол.	m <sub>i</sub> , г	% масс.	n <sub>i</sub> , моль	% мол.
А	99	25,0	19,8	0,252	0,25	22,5	99,5	0,227	99,6	2,0	2,0	0,02	2,7
В	133	101,0	80,2	0,758	0,75	0,1	0,5	0,008	0,4	101,4	98,0	0,76	97,4

		126,0	100	1,0	100	22,6	100	0,228	100	103,4	100	0,78	100
--	--	-------	-----	-----	-----	------	-----	-------	-----	-------	-----	------	-----

### Лабораторная работа №8 Получение гидроперекиси этилбензола окислением этилбензола

Цель работы: 1) изучение процесса окисления этилбензола кислородом воздуха в присутствии катализатора (соль, гидроксид металла постоянной и переменной валентности);  
2) изучение механизма реакции окисления этилбензола в гидроперекись этилбензола;  
3) изучение кинетики процесса окисления этилбензола;  
4) изучение влияния факторов на состав продуктов окисления (температура, давление, время).

Реактивы: этилбензол, сжатый воздух, катализатор.

Этилбензол окисляют на установке, схема которой приведена на рис. 1. Установка состоит из компрессора сжатого воздуха 1, реле-регулятора 2, реактора 3, контактного термометра 4, обратного холодильника 5.

Реактор изготовлен из термостойкого стекла ( $d=30\text{мм}$ ,  $h=290\text{мм}$ ) и снабжен фильтром Шота 6 для барботажа воздуха, пробоотборником 7, электроспиралью 8 для нагрева реакционной массы.

Перед началом работы необходимо убедиться в герметичности установки.

Предварительно растворяют 0,05 г гидроокиси натрия в 200 мл этилбензола. Растворение гидроокиси натрия в этилбензоле проводят на установке рис. 2.

Установка состоит из электроплитки 1, круглодонной колбы 250 мл 2, обратного холодильника 3, термометра 4.

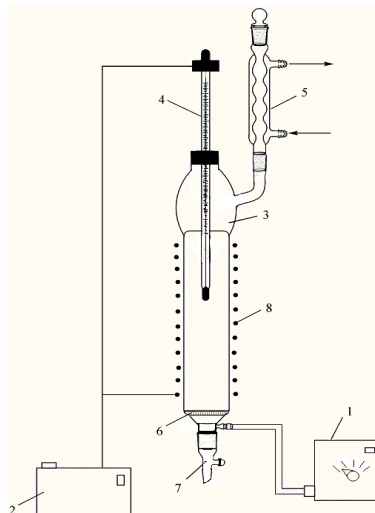


Рис. 1 - Схема установки окисления этилбензола кислородом воздуха

Смесь загружают в реактор. Подают воду в обратный холодильник, включают обогрев реактора. По достижении температуры  $80^{\circ}\text{C}$  и ее стабилизации 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  $40-45^{\circ}\text{C}$  – подачу воздуха и сразу отсоединяют линию воздуха от реактора для предотвращения засасывания в нее реакционной массы. После полного охлаждения реакционную массу сливают с реактора.

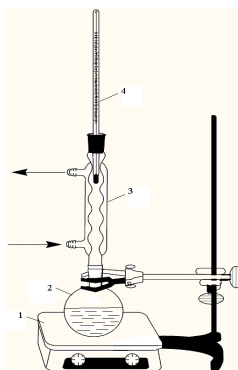
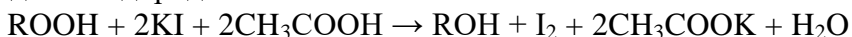


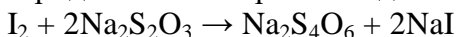
Рис. 2 - Схема установки растворения гидроксида натрия в этилбензоле

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 г. Взвешивание проводят на аналитических весах с точностью 0,0002 г. 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).

Содержание органических гидропероксидных групп  $X$  % (масс.) в анализируемой смеси вычисляют по формуле:

$$X = (a - b) \cdot 0,00225K \cdot 100/g$$

где  $a$  — объем 0,1 М раствора  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , пошедший на титрование навески, мл;  $b$  — объем 0,1 М раствора  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , пошедший на титрование в холостом опыте, мл; 0,00225 — содержание гидропероксидных групп, соответствующее 1 мл 0,1 М раствора  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , г;  $K$  — поправка на 0,1 М раствор  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ;  $g$  — навеска анализируемого вещества, г.

Из двух параллельных определений находят среднее содержание гидропероксидов в анализируемой смеси.

#### Лабораторная работа №9 «Полиоксипропилирование ароматических аминов. Манометрическая установка»

Для изучения реакционной способности первичной и вторичной аминных групп были проведены модельные реакции взаимодействия окиси пропилена с анилином и дифениламином на манометрической установке, изображенной на рисунке 1.1.

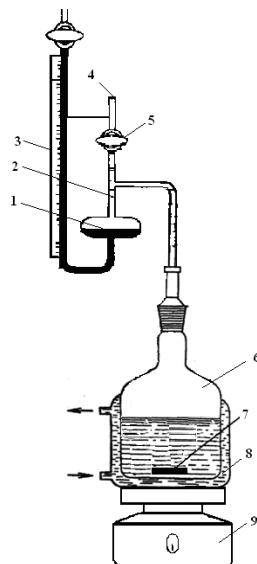
Поскольку окись пропилена имеет достаточно высокую упругость пара при температуре реакции, то удобно использовать манометрическую установку для исследования кинетики реакции. При оксиалкилировании ароматических аминов протекание реакции сопровождается существенным изменением парциального давления окиси пропилена, которое легко зафиксировать с помощью манометрического прибора.

Для проведения кинетического эксперимента исходную смесь реагентов помещают в реактор 6, присоединяют к манометрическому прибору 2 и закрывают кран 5. Затем ре-

акционный сосуд замораживают в чашке со смесью ацетона с сухим льдом и вакуумируют прибор через трубку 4 и кран 5.

После размораживания в рубашку реактора 8 подается органический теплоноситель «Термолан» для поддержания строго определенной температуры. Температура процесса поддерживается термостатом MLW U2C. После загрузки исходной смеси в реактор включают магнитную мешалку 9 и начинают отсчет давления в показывающем колене манометра 3 по времени ( $P_t$ ).

Исходная смесь реагентов представляла собой смесь расчетных количеств ароматического амина и окиси пропилена в мольном соотношении 1:1. Исходную смесь готовили заранее, при этом была спланирована серия экспериментов при разных значениях температуры – 100 °С, 120 °С, 150 °С.

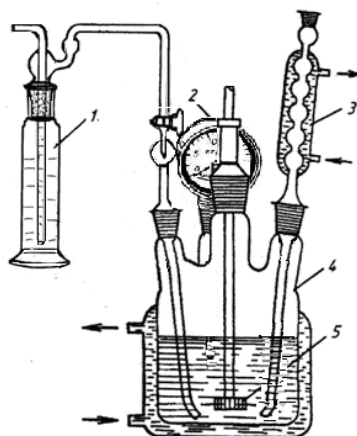


1 – чашечный ртутный манометр, 2 – манометрический прибор, 3 – показывающее колено манометра, 4 – трубка для соединения манометра и реактора с атмосферой, 5 – кран, 6 – реактор, 7 – магнитная мешалка, 8 – рубашка реактора, 9 – мотор магнитной мешалки

Рисунок 1.1 – Установка для исследования кинетики модельных реакций манометрическим способом

Парциальное давление окиси пропилена ( $P$ ) в области соблюдения закона Генри пропорционально ее концентрации в реакционной массе и равно разности текущего и конечного давления  $P_t - P_\infty$ . Значение  $P_\infty$  может быть замерено непосредственно в ходе эксперимента или в холостом опыте:  $P_\infty$  – без низкокипящего исходного реагента – окиси пропилена [116].

Синтез аминных стабилизаторов проводили в лабораторном полупериодическом реакторе, представленном на рисунке 1.2. Реактор представляет собой термостатируемую колбу 1 с мешалкой 5. Его особенностью является непрерывная равномерная подача окиси пропилена в реактор.



1 – дозатор окиси олефина, 2 – манометр, 3 – обратный холодильник, 4 – стеклянный реактор с рубашкой, 5 – мешалка

Рисунок 1.2 – Лабораторная установка получения аминных стабилизаторов

Термостатирование осуществляется с помощью подачи высокотемпературного органического теплоносителя «Термолан» в рубашку реактора из термостата.

При исследовании гетерофазных реакций необходимо интенсивное перемешивание, обеспечивающее проведение процесса в кинетической области. С этой целью использовали быстроходную турбинную мешалку 5.

Так как реакция протекает при температуре выше температуры кипения окиси пропилена, то в реакторе происходит ее испарение. Поэтому реактор снабжен обратным холодильником 3 для предотвращения уноса реакционной массы в виде паров. Обратный холодильник имеет удлиненный носик для стекания конденсированных паров окиси пропилена непосредственно в объем реакционной массы.

Окись пропилена подается в реактор в жидком состоянии с помощью дозатора, имеющего удлиненный капилляр, опущенный в амин. Для обеспечения непрерывной скорости прикапывания окиси пропилена дозатор соединен с реактором через насадку. Таким образом, давление перед краном постоянно, что обеспечивает постоянную скорость прикапывания при фиксированном положении крана независимо от уровня окиси пропилена в дозаторе.

Для проведения эксперимента в сухой чистый реактор 4 через воронку, вставленную на место дозатора окиси пропилена 1, загружают отмеренное количество амина. Исходное мольное соотношение анилин : окись пропилена составляло 1,2:1; п-аминодифениламин : окись пропилена – 1:1.

Устанавливают дозатор 1 с расчетным количеством окиси пропилена, мешалку 5 с заданным числом оборотов при использовании реактора, подачу воды в обратный холодильник 3 и обогрев реактора. По достижении в реакторе 4 температуры 100 °С осуществляют подачу окиси пропилена, принимают за начало опыта.

После истечения срока прикапывания окиси пропилена продолжают интенсивное перемешивание реакционной массы мешалкой 5 для полного превращения окиси пропилена. Контроль степени превращения окиси пропилена осуществляется манометром 2. Установление постоянного минимального значения избыточного давления на манометре свидетельствует о прекращении реакции. Состав реакционной смеси определяли хроматографически. Остаточную окись пропилена удалили под вакуумом -0,6 кгс/см<sup>2</sup> при температуре 100 °С. Вакуум создавали подключением к установке вакуумного насоса.

Затем в реактор загружают навеску катализатора – металлический калий – и ведут перемешивание реакционной массы в течение 30 минут при температуре 100 °С. Калий загружают в мольном соотношении 1:1 в расчете на монооксипропилированный амин.

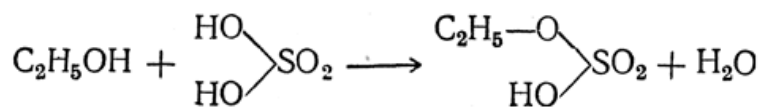
Затем в дозатор 1 заливают расчетное количество окиси пропилена. Мольное соотношение ароматический амин : окись пропилена варьировалось в диапазоне от 1:2 до 1:4. После окончания подачи окиси пропилена в реактор перемешивание реакционной массы проводят в течении 30 минут для полного превращения окиси пропилена.

После завершения опыта выключают турбинную мешалку 5, обратный холодильник 3 и обогрев реактора. Реакционную массу охлаждают до температуры 60 °С и выгружают из реактора 4.

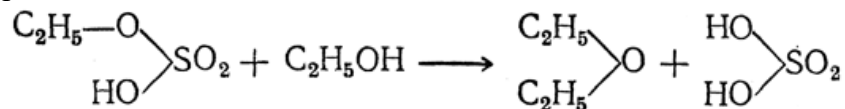
Из реакционной массы отгоняют непревращенные окись пропилена и анилин на установке вакуумной перегонки.

Оксипропилированные ароматические амины подвергают нейтрализации уксусной кислотой. Затем нейтрализованные окиспропилированные амины отмывают пятикратным избытком дистиллированной воды от образовавшихся в процессе нейтрализации солей калия. Реакционную массу от воды осушают в вакуумном шкафу.

Классическим способом получения простых эфиров является действие на спирты серной кислоты. При этом, например, из этилового спирта сначала получается этилсерная, или серновинная, кислота (Вильямсон):

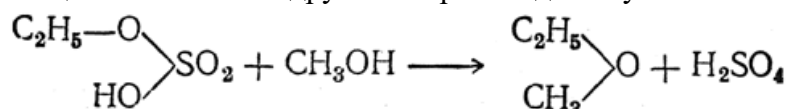


которая при нагревании с избытком спирта образует простой эфир, причем выделяется молекула серной кислоты:

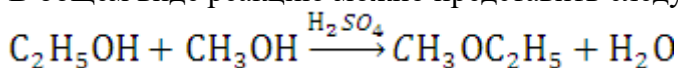


Таким образом, серная кислота в конце процесса оказывается неизменной и может снова войти в реакцию со спиртом, т. е. она играет роль катализатора.

Во второй фазе реакции можно взять другой спирт. Тогда получается смешанный эфир:



В общем виде реакцию можно представить следующим образом:



*Цель работы:* получить этил-трет-бутиловый эфир путём взаимодействия этилового спирта с триметилкарбинолом, определить выход и чистоту продукта. Составить материальный баланс. Определить октановое число полученного эфира.

*Реактивы:* этиловый спирт, триметилкарбинол, серная кислота, гидроксида натрия, насыщенный раствор хлористого кальция, безводный хлористый кальций.

*Оборудование:* электроплитка, баня песчаная, термометр, насадка Дина-Старка, обратный холодильник, прямой холодильник, круглодонная колба, насадка, алонж, приемники, делительная воронка, дефлегматор.

*Проведение опыта:*

Этил-трет-бутиловый эфир получают на лабораторной установке, схема которой приведена на рисунке 1. В круглодонную колбу, снабженную мешалкой, устанавливают ловушку Дина-Старка, обратный холодильник и наливают этиловый спирт и ТМК.

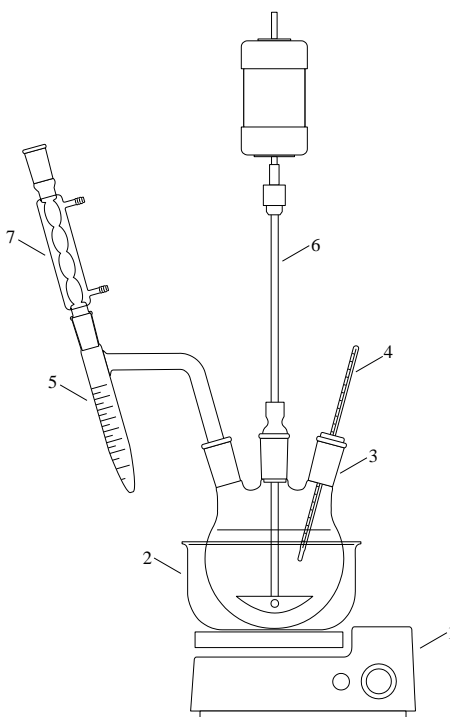
Далее, осторожно, при перемешивании добавляют концентрированную серную кислоту, вносят «кипелки» и смесь осторожно кипятят.

Нагревание прекращают, когда количество воды в ловушке перестанет увеличиваться и будет примерно равно расчетному значению, определенного предварительно по уравнению реакции.

К содержимому колбы при охлаждении и перемешивании приливают 3 н раствор гидроксида натрия, переносят в делительную воронку и промывают до щелочной реакции промывных вод. После добавляют 15 мл воды и 12 мл насыщенного раствора хлористого кальция и промывают до нейтральной реакции по лакмусу.

Полученный продукт сушат безводным хлоридом кальция. Реакционную массу, после отмытки переносят в перегонную колбу с высоким дефлегматором, фильтруя ее через бумажный складчатый фильтр. Далее ведут перегонку, отбирая фракцию, кипящую до 75 °С.

По окончании перегонки снимают показатель преломления, определяют октановое число, считают



выход и составляют материальный баланс процесса.

### Оформление результатов

1. Перед началом эксперимента необходимо записать все возможные протекающие реакции (целевые и побочные).
2. По уравнению целевой реакции рассчитать количество загружаемых реактивов.
3. Заполнить следующую таблицу:

Рисунок 1. Схема лабораторной установки:

1 – электроплитка, 2 – баня, 3 – круглодонная колба, 4 – термометр, 5 – насадка Дина-Старка, 6 – мешалка, 7 – холодильник

Компонент	Молекулярная масса	Температура кипения, $T_{\text{кип}}$	Показатель преломления, $n_D^{20}$	Плотность, $\rho_4^{20}$	Масса, гр

4. Составить материальный баланс опыта (табл.1), определить конверсию изоамилового спирта и выход целевого эфира на загруженный и прореагировавший спирт.

Таблица 1 – Материальный баланс опыта

Взято	г	% масс.	Получено	г	% масс.
Этанол ТМК			Катализат, в том числе: этил-трет-бутиловый эфир; ТМК; этанол; вода и т.д.  Потери		
Всего:			Всего:		

### Критерии оценки:

Студент должен выполнить девять работ лабораторных работ:

6 семестр:

- максимально 10 баллов – за полный, развернутый ответ на поставленные вопросы при защите отчета;

- минимально 6 балла – за неполный ответ с допущением грубых ошибок при определении сущности раскрываемых понятий, теорий, явлений.

7 семестр:

- максимально 10 баллов – за полный, развернутый ответ на поставленные вопросы при защите отчета;

- минимально 6 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 круглых столов**  
по дисциплине Б1.В.ДВ.02.01 Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза

**Круглый стол №1 «Сырье для процессов основного органического и нефтехимического синтеза»**

Парафины, их свойства и источники. Методы и технология выделения парафинов из газов и нефтяных фракций. Применение низших и высших парафинов.

Олефины, их свойства, применение. Методы получения олефинов. Теоретические и технологические основы процесса пиролиза прямогонного бензина. Принципиальная технологическая схема процесса.

Ароматические углеводороды, их свойства, применение. Источники ароматических углеводородов. Теоретические и технологические основы процесса гидродеалкилирования фракции С6-С8 пиролиза прямогонного бензина. Принципиальная технологическая схема процесса.

Синтез-газ как альтернатива нефти. Промышленные методы получения синтез-газа. Синтез углеводородов по Фишеру-Тропшу. Химия и теоретические основы процесса. Технология процесса.

**Круглый стол №3 «Процессы гидратации-дегидратации»**

Гидратация олефинов. Теоретические и технологические основы процесса гидратации бутулен-изобутуленсодержащей фракции. Назначение процесса. Принципиальная технологическая схема процесса.

Дегидратация спиртов. Теоретические и технологические основы процесса дегидратации триметилкарбинола. Принципиальная технологическая схема процесса.

Гидратация окисей олефинов. Применение гликолей. Теоретические и технологические основы процесса гидратации окиси этилена. Принципиальная технологическая схема процесса.

**Критерии оценки:**

За участие в одном круглом столе:

6 семестр:

Максимально 20 баллов - за полный, развернутый ответ на поставленные вопросы в ходе обсуждения;

Минимально 12 балла - за неполный ответ с допущением грубых ошибок при определении сущности раскрываемых понятий, теорий, явлений.

7 семестр:

Максимально 10 баллов - за полный, развернутый ответ на поставленные вопросы в ходе обсуждения;

Минимально 6 балла - за неполный ответ с допущением грубых ошибок при определении сущности раскрываемых понятий, теорий, явлений.

### **Контрольная работа**

по дисциплине Б1.В.ДВ.02.01 Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза

#### **6 семестр**

#### **Требования к выполнению и оформлению контрольных заданий**

Вариант контрольного задания выбирается в соответствии с порядковым номером студента в общем списке.

Перед тем как приступить к выполнению контрольного задания, студент должен проработать рекомендуемую литературу. Контрольная работа оформляется в тетради. Вопросы и ответы должны быть написаны в том порядке, в котором они стоят в задании. Отвечать на вопросы следует кратко, точно, исчерпывающе. Произвольные сокращения не допускаются. Графический материал (эскиз технологической схемы) выполнять карандашом на миллиметровой бумаге. В конце контрольной работы приводится список литературы.

Ответ на вопрос «**Теоретические основы процесса ....**» должен содержать:

- химизм и механизм процесса (представить как целевые, так и побочные реакции, характерные для данного процесса);
- роль термодинамики и кинетики в выборе условий процесса (аргументировать выбор параметров процесса и катализатора данной технологии, влияние параметров процесса на селективность, условия протекания побочных реакций);
- пути промышленного применения основного и побочных продуктов (привести уравнения реакций).

Ответ на вопрос «**Технологические основы процесса ....**» должен содержать:

- требования к исходному сырью;
- обоснование выбора реактора (по тепловому режиму, по конструкции в зависимости от используемого катализатора, представить сведения о материале реактора и антикоррозийной защите);
- эскиз технологической схемы с кратким описанием со ссылками на номера изображенных аппаратов (включая технологию обработки реакционной массы и выделения товарного продукта).

Ответ на вопрос «**Технико-экономическая оценка процесса ....**» должен содержать:

- доступность, стоимость исходного сырья;
- характеристика исходного сырья и продуктов с позиций техники безопасности и охраны окружающей среды;
- технико-экономические показатели процесса (конверсия, селективность);
- узкие места данной технологии (сложность аппаратного оформления технологической схемы, наличие рециклов, многостадийность, жесткость режима, затраты вспомогательных веществ, необходимость переработки побочных продуктов).

#### **Рекомендуемая литература**

1. Тимофеев В.С. Принципы технологии основного органического и нефтехимического синтеза: Учеб. пособие для вузов/ В.С. Тимофеев, Л.А. Серафимов. – 2-е изд., перераб. – М.: Высш. шк., 2003. – 536 с.: ил.

2. Лебедев Н.Н. Химия и технология органического и нефтехимического синтеза. – 3-е изд. – М.: Химия, 1981. – 608 с.

3. Адельсон С.В., Вишнякова Т.П., Паушкин Я.М. Технология нефтехимического синтеза: Учеб. для вузов. – 2-е изд. – М.: Химия, 1985. – 608 с.

### Контрольные вопросы

Дайте характеристику процесса получения вещества по следующим вопросам:

- теоретические основы процесса;
- технологические основы процесса;
- технико-экономическая оценка процесса.

Ниже представлен список веществ.

1. Этиловый спирт прямой гидратацией этилена
2. Изопропилбензол алкилированием бензола пропиленом
3. Стирол дегидрированием этилбензола
4.  $\alpha$ -метилстирол дегидрированием изопропилбензола
5. Изопрен дегидрированием изопентана
6. Фенол разложением гидроперекиси изопропилбензола
7. Хлороформ хлорированием метана
8. 1,2-дихлорэтан хлорированием этилена
9. Формальдегид окислительным дегидрированием метанола
10. Гидроперекись изопропилбензола окислением изопропилбензола
11. Нитробензол нитрованием бензола
12. Пропиленгликоль гидратацией окиси пропилена
13. Винилхлорид гидрохлорированием ацетилена
14. Ацетальдегид гидратацией ацетилена
15. Метанол из синтез-газа
16. Изопропиловый спирт прямой гидратацией пропилена
17. Ацетальдегид из этилена
18. Винацетат из этилена и уксусной кислоты
19. Изобутилен изомеризацией бутилена-1
20. Терфталевая кислота окислением п-ксилола
21. Этилацетат этерификацией этанола уксусной кислотой
22. Этилбензол алкилированием бензола этиленом
23. Изопентан изомеризацией н-пентана
24. Гидроперекись этилбензола окислением этилбензола
25. Окись пропилена эпоксицированием пропилена гидроперекисью этилбензола
26. Моноэтиленгликоль гидратацией окиси этилена

### 7 семестр

Контрольная работа оформляется в тетради. Ответы на вопросы, уравнения реакций записываются полностью. Произвольные сокращения не допускаются, таблицы и рисунки оформляются в соответствии с требованиями, предъявляемыми к оформлению. По всем вариантам должны быть приведены уравнения химических реакций и сведения об их механизме. В конце контрольной работы приводится список литературы.

#### Номера вариантов контрольных работ

№ варианта	№ вопросов		№ варианта	№ вопросов	
	Часть I	Часть II		Часть I	Часть II
1	1	16	16	16	1
2	2	17	17	17	2
3	3	18	18	18	3
4	4	19	19	19	4
5	5	20	20	20	5
6	6	21	21	21	6

7	7	22	<b>22</b>	22	7
8	8	23	<b>23</b>	23	8
9	9	24	<b>24</b>	24	9
10	10	25	<b>25</b>	25	10
11	11	26	<b>26</b>	26	11
12	12	27	<b>27</b>	27	12
13	13	28	<b>28</b>	28	13
14	14	29	<b>29</b>	29	14
15	15	30	<b>30</b>	30	15

## Часть I

1. ХТ как научная основа химического производства. Объект и процессы ХТ. Подразделы ХТ.
2. Основные направления развития ХТ.
3. Дайте определение понятия ХТП. Стадии ХТП. Что называется технологическим режимом и параметрами этого режима?
4. Суммарная скорость ХТП.
5. По каким принципам классифицируются реакции, лежащие в основе ХТП?
6. Равновесие в ХТП. Какие факторы влияют на скорость химической реакции?
7. Какие процессы называются гидромеханическим? Приведите примеры. Их аппаратное оформление.
8. Какие процессы называются тепловыми? Аппаратура для их проведения.
9. Какой аппарат называется химическим реактором? Приведите классификацию химических реакторов.
10. Чем отличаются непрерывные процессы от периодических, и в чем их преимущества?
11. Как изменяются концентрация реагентов, скорость и движущая сила процесса в реакторах непрерывного действия различного типа?
12. Химический реактор и его конструктивные особенности.
13. Промышленный катализ и классификация каталитических процессов.
14. Стадии химической реакции на поверхности катализатора.
15. Перечислите основные технологические характеристики твердых катализаторов и раскройте их содержание.
16. Приведите достоинства и недостатки контактных аппаратов различного типа.
17. Показатели работы контактного аппарата.
18. Что такое ХТС? Общие признаки.
19. Виды химико-технологических связей.
20. Цель и основные этапы моделирования химического производства.
21. Организация химико-технологического процесса.
22. Дайте определение понятиям: сырье, полупродукт, побочный продукт. Приведите классификацию ресурсов химического сырья.
23. Сырье и основные направления его рационального использования.
24. Из каких основных операций состоит подготовка химического сырья к переработке?
25. Укажите основные направления использования воды в химическом производстве. Приведите примеры. Перечислите основные операции подготовки технологической воды.
26. Какие виды энергии, и с какой целью используются в химической промышленности?
27. Поясните термин "безотходная технология". Приведите примеры.
28. Основные направления охраны биосферы, их реализация на практике.
29. Очистка промышленных газовых выбросов. Методы и примеры.
30. Цеолиты в катализе.

## Часть II

1. Перечислите основные особенности технологии органического синтеза.
2. Основной органический синтез и тенденции его развития
3. Охарактеризуйте ацетилен как химическое сырье для ООС.
4. Промышленные методы производства ацетилена.
5. Физико-химические основы карбидного метода производства ацетилена.
6. Технологическая схема производства ацетилена из карбида кальция. Основное оборудование.
7. Физико-химические основы процесса высокотемпературного пиролиза алканов.
8. Принципиальная схема окислительного пиролиза метана. Основное оборудование.
9. Производство ацетилена электрокрекингом метана.
10. Технологические свойства, применение и технологические методы производства уксусной кислоты и уксусного ангидрида.
11. Производство уксусной кислоты окислением ацетальдегида. Технологическая схема.
12. Перечислите основные промышленные синтезы на основе синтез-газа и оксида углерода (II).
13. Технологические свойства и физико-химические основы синтеза метанола.
14. Технологические свойства и перспективы развития производства метанола.
15. Технологические свойства и промышленные способы производства этанола.
16. Производство этанола прямой гидратацией этилена.
17. Объясните преимущества метода прямой гидратации этилена перед методом сернокислотной гидратации в производстве синтетического этанола.
18. Производство этанола гидролизом древесины.
19. Из каких стадий состоит гидролизное производство этанола и чем катализируется каждая стадия?
20. Высшие жирные кислоты. Технологические свойства и применение.
21. Производство высших жирных кислот. Технологическая схема.
22. Производство высших жирных спиртов. Технологическая схема.
23. Что общего в химизме получения высших жирных кислот и высших жирных спиртов окислением алканов?
24. Технологические свойства, применение и промышленные методы производства полимеризационных мономеров на примере 1,3-бутадиена и изопрена.
25. Производство 1,3-бутадиена дегидрированием н-бутана.
26. Производство изопрена конденсацией изобутилена с формальдегидом.
27. Сырье и промышленные методы производства стирола.
28. Производство стирола дегидрированием этилбензола.
29. Рассмотрите возможные способы производства капролактама из различного сырья.
30. Структурная схема производства капролактама из бензола через циклогексан.

### Критерии оценки:

Студент должен выполнить две контрольные работы:

6 семестр:

- максимально 20 баллов – за полный, развернутый ответ на поставленные вопросы при защите отчета;

- минимально 12 балла – за неполный ответ с допущением грубых ошибок при определении сущности раскрываемых понятий, теорий, явлений.

7 семестр:

- максимально 10 баллов – за полный, развернутый ответ на поставленные вопросы при защите отчета;

- минимально 6 балла – за неполный ответ с допущением грубых ошибок при определении сущности раскрываемых понятий, теорий, явлений.