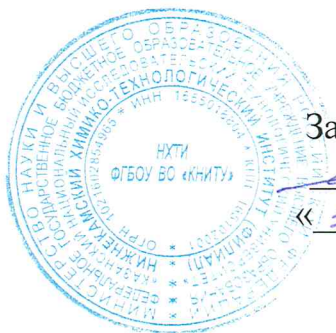


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»  
(НХТИ ФГБОУ ВО «КНИТУ»)



УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по УР

 Н.И. Никифорова  
« 30 » мая 2022 г.

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по дисциплине (модулю)

**Б1.В.06 Технология основного органического и нефтехимического син-**

**теза**

(наименование дисциплины)

**18.03.01 «Химическая технология»**

(код и наименование направления подготовки)

**«Химическая технология органических веществ»**

(программа подготовки)

**бакалавр**

квалификация

**очная**

форма обучения

Нижнекамск, 2022 г.

Составитель ФОС:

доцент кафедры Нефтехимического синтеза  
(должность)

  
(подпись)

Р.Н.Бариева  
(Ф.И.О)

ФОС рассмотрен и одобрен на заседании кафедры Нефтехимического синтеза,  
протокол от 6 апреля 2022 г. № 8

Зав. кафедрой

  
(подпись)

Р.З. Агзамов  
(Ф.И.О)

Эксперт:

Ответственный за ООП, разработчик УП Новожилова А.И., доцент кафедры  
Нефтехимического синтеза НХТИ ФГБОУ ВО «КНИТУ»  
Ф.И.О., должность, организация, подпись 

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

Компетенции:

ПК-4 Способен к оперативному управлению химико-технологическим объектом по производству органических веществ

ПК-4.1 Знает химию и технологию органических веществ, основы экономики производства; нормативы расхода сырья, материалов, топлива, реагентов,

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

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

<b>Индикаторы достижения компетенции</b>	<b>Этапы формирования в процессе освоения дисциплины</b> (указать все темы из РПД)				<b>Наименование оценочного средства</b>
	<b>Лекции</b>	<b>Практические занятия, лабора- торный практикум</b>	<b>Лабораторные занятия</b>	<b>Курсовой проект (работа)</b>	
ПК-4.1	<i>Тема 1-8</i>	<i>Тема 1-8</i>	<i>Тема 1-8</i>	<i>Тема 1-8</i>	<i>Контрольная работа, лабораторная работа №1,2, групповая дискус- сия №1,2, практическая работа №1, зачет с оценкой, экзамен</i>
ПК-4.2	<i>Тема 1-8</i>	<i>Тема 1-8</i>	<i>Тема 1-8</i>	<i>Тема 1-8</i>	<i>Контрольная работа, лабораторная работа №1,2, групповая дискус- сия №1,2, практическая работа №1, зачет с оценкой, экзамен</i>
ПК-4.3	<i>Тема 1-8</i>	<i>Тема 1-8</i>	<i>Тема 1-8</i>	<i>Тема 1-8</i>	<i>Контрольная работа, лабораторная работа №1,2, групповая дискус- сия №1,2, практическая работа №1, зачет с оценкой, экзамен</i>

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

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

Оценочные средства	Кол-во	Min, баллов	Max, баллов
Курсовая работа	1	60	100

### *Шкала оценивания*

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

### Краткая характеристика оценочных средства

<i>№ п/п</i>	<i>Наименование оценочного средства</i>	<i>Краткая характеристика оценочного средства</i>	<i>Представление оценочного сред- ства в фонде</i>
1.	Практическое занятие	В ходе практических работ студенты овладевают умениями пользоваться работать с нормативными документами и инструктивными материалами, справочниками, составлять техническую документацию; выполнять чертежи, схемы, таблицы, решать разного рода задачи, делать вычисления, определять характеристики различных веществ, объектов, явлений. Цель практических занятий заключается в выработке у студентов навыков применения полученных знаний для решения практических задач в процессе совместной деятельности с преподавателями.	Темы практических занятий; контрольные вопросы и задания по теме практического занятия
2.	Групповая дискуссия	Оценочные средства, позволяющие включить обучающихся в процесс обсуждения спорного вопроса, проблемы и оценить их умение аргументировать собственную точку зрения.	Перечень дискуссионных тем для проведения круглого стола, дискуссии, полемики, диспута, дебатов
3.	Контрольная работа	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.	Комплект контрольных заданий по вариантам

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

### **Лабораторные работы (6 семестр)**

по дисциплине «Технология основного органического и нефтехимического синтеза»

#### **Лабораторная работа №1 «Пиролиз углеводов»**

**Работа №1** Подбор оптимального состава углеводородного сырья с целью увеличения выхода газообразных продуктов пиролиза.

**Цель работы:** спланировать эксперимент последовательным симплекс-методом, найти состав сырья, при котором выход газообразных продуктов максимален.

**Приборы:** установка (рис. 1) включает в себя следующие приборы:

- 1 – делительная воронка (питание реактора),
- 2 – термopapa,
- 3 – электропечь для обогрева ректора,
- 4 – холодильник,
- 5 – приемник,
- 6 – газосчетчик,
- 7 – прибор показания температуры,
- 8 – регулятор температуры (ЛАТР),
- 9 – реактор.

**Реактивы:** в качестве сырья используем 3-х компонентную смесь: гексан, бензол, и изопрен.

#### **Расчет состава смеси углеводов**

**Последовательный симплекс-метод (ПСМ).** Поиск оптимального состава сырья ведется методом ПСМ. ПСМ обладает рядом преимуществ по сравнению с другими методами оптимизации технологического процесса: простота ПСМ, движение к оптимуму практически осуществляется при очередном эксперименте, на любом этапе экспериментирования в поиск оптимальных значений факторов можно ввести новый фактор путем дополнительного включения в текущий симплекс-план всего лишь одного опыта.

Сущность метода ПСМ лучше всего продемонстрировать на следующем рисунке (рис.1). Предположим, что неизвестная нам зависимость выхода продукта от значений двух факторов выглядит так, как это отражено на рис. 1. Поиск значений  $X_1$  и  $X_2$ , при которых выход продукта максимален, начнем с области ограниченной точками 1,2,3. Каждый исследователь-технолог должен исходную область экспериментирования выбрать как можно ближе к оптимальной на основе своей практической интуиции или на основании каких-то теоретических рекомендаций.

После определения исходной области экспериментирования необходимо рассчитать конкретные значения факторов в каждом эксперименте. Расчет этих значений фактически сводится к расчету координат правильного симплекса - фигуры с числом вершин  $(k+1)$  на единицу больше числа факторов  $(k)$ . В данной работе симплексом является треугольник, как на рис.1.

Координаты вершин исходного симплекса определяют из следующей матрицы:



$$\begin{vmatrix} -r_1 - r_2 - r_3 \dots - r_{k-1} - r_k \\ R_1 - r_2 - r_3 \dots - r_{k-1} - r_k \\ 0 \quad R_2 - r_3 \dots - r_{k-1} - r_k \\ 0 \quad 0 \quad R_3 \dots - r_{k-1} - r_k \\ 0 \quad 0 \quad 0 \dots R_{k-1} - r_k \\ 0 \quad 0 \quad 0 \dots 0 \quad R_k \end{vmatrix}$$

Число строк в исходной матрице соответствует числу опытов  $N=k+1$ , а число столбцов равно числу факторов.

Значения  $r_k$  и  $R_k$  рассчитывают по уравнениям:

$$r_k = \frac{1}{\sqrt{2k(k+1)}} \quad R_k = \sqrt{\frac{k}{2(k+1)}}$$

В данной работе сырьем является 3-х компонентная смесь, поэтому варьируют два фактора  $x_1$  и  $x_2$  ( $N=k+1=3$ ) - процентное содержание в смеси гексана и бензола, процентное содержание изопрена является линейно зависимой переменной от содержания гексана и изопрена:  $x_3=100-(x_1+x_2)$ .

Исходная область экспериментирования определена в следующих интервалах:

$x_1=10$  % об - содержание гексана;  $x_2=70$  % об - содержание бензола;  $\delta=5$  % об - интервал варьирования факторов  $x_1$  и  $x_2$ .

Матрица исходного симплекса в относительных единицах будет выглядеть так:

Таблица 1.1 Матрица симплекс - плана для  $k=2$

N	$x_1$	$x_2$
1		
2		
3		

Для определения абсолютных значений факторов в исходном симплексе используют соотношение:

$$x_1^{i\delta i} = \frac{x_1^{\hat{a}\hat{a}\hat{n}} - x_1^{\hat{a}\hat{a}\hat{n}0}}{\delta_i}$$

где  $x_1^{i\delta i}$  - относительное значение  $i$ -ого фактора;

$x_1^{\hat{a}\hat{a}\hat{n}}$  - абсолютное значение  $i$ -ого фактора;

$x_1^{\hat{a}\hat{a}\hat{n}0}$  - абсолютное значение  $i$ -ого фактора;

$\delta_i$  - интервал варьирования  $i$ -ого фактора.

Матрица исходного симплекса - плана в абсолютных единицах:

N	$x_1$ , %об	$x_2$ , %об
1		
2		
3		

Стратегия поиска оптимума в методе ПСМ заключается в перемещении симплекса относительно вершины, имеющий наихудший результат. Наихудшая точка исходного симплекса заменяется новой, расположенной симметрично относительно вершины, имеющий наихудший результат. Наихудшая точка исходного симплекса заменяется новой, расположенной симметрично относительно центра грани симплекса, находящейся напротив наихудшей вершины. На рис. 1 наихудшая точка 1 исходного симплекса была заменена точкой 4, расположенной симметрично точке 1. Новый симплекс 2-3-4 при этом переместился в сторону оптимума.

Координаты каждой новой вершины находятся по следующей формуле:

$$x_{i,k+1} = \frac{2}{k} \sum_{i=0}^k x_{iu} - \frac{k+2}{k} x_{i0}; i=1,2,\dots,k$$

После того как состав углеводородной смеси рассчитан, проводят эксперимент.

### Выполнение работы

Пиролиз углеводородного сырья ведется на установке (рис. 1) при температуре 1000 °С.

Перед началом опыта проверяют правильность сборки, надежность и герметичность всех соединений установки. Включают электропечь 3 для обогрева реактора. После того как температура в реакторе достигнет 1000 °С, в холодильник 4 подают воду. Заданную температуру в реакторе поддерживают с помощью терморегулятора 8.

Приготовленную смесь углеводородов подают в дозатор 1. 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 6 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

Составляют материальный баланс процесса пиролиза:

1. Рассчитывают массу подданного 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  $\rho_{\text{см}} = \bar{\rho}_1 \cdot \rho_1 + \bar{\rho}_2 \cdot \rho_2 + \bar{\rho}_3 \cdot \rho_3$ ,  $x_1, x_2, x_3$  - 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  $m_{\text{э.г.}} = \frac{V}{V_{\text{н.у.}}} \cdot \dot{m}_{\text{э.г.}}$  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 1.2

Таблица 1.2 Материальный баланс процесса пиролиза

Приход, г		Расход, г	
1. Углеродное сырье в том числе гексан изопрен бензол		1. Жидкие продукты пиролиза 2. Газообразные продукты пиролиза 3. Кокс	

Рассчитывают выход газообразных продуктов:  $\eta = \frac{m_{\text{э.г.}}}{m_{\text{cv.}}} \cdot 100\%$

Результаты эксперимента приводят в таблице 1.3

Таблица 1.3 Поиск методом ПСМ оптимального состава

N	$x_1$ , %об	$x_2$ , %об	$\eta$ , %	Примечание
1				

2				{ Исходный симплекс
3				
4				Отброшена точка i. Новый симплекс *-**
5				Отброшена точка i. Новый симплекс *-**

## Работа №2 Изучение влияния температуры на выход газообразных продуктов пиролиза

**Цель работы:** спланировать эксперимент последовательным симплекс-методом, найти состав сырья, при котором выход газообразных продуктов максимален.

**Приборы:** установка (рис. 1) включает в себя следующие приборы

- 1 - делительная воронка (питание реактора),
- 2 - термopapa,
- 3 - электропечь для обогрева реактора,
- 4 - холодильник,
- 5 - приемник,
- 6 - газосчетчик,
- 7 - прибор показания температуры,
- 8 - регулятор температуры (ЛЛТР),
- 9 - реактор.

**Реактивы:** в качестве сырья используем 3-х компонентную смесь: гексан, бензол, изопрен.

### Выполнение работы

Эксперименты проводят на установке пиролиза (рис. 1), методические указания к выполнению работы изложены в работе №1. Найденный в работе №1 оптимальный состав сырья подвергается пиролизу при 4-х различных температурах: 600 °C, 800 °C, 1000 °C, 1200 °C.

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 6 и массу жидкой фазы.

### Оформление результатов

Составляют материальный баланс, результаты заносят в таблицу. Рассчитывают выход газообразных продуктов, вычисления заносят в таблицу 1.4

Таблица 1.4

N	T, °C	V <sub>газ</sub> , л	η, %
1	600		
2	800		
3	1000		
4	1200		

На основании полученных данных строят графики зависимостей выхода газообразных продуктов пиролиза от температуры.

## Работа №3 Зависимость выхода газообразных продуктов пиролиза от времени пребывания углеводородного сырья в реакторе

**Цель работы:** спланировать эксперимент последовательным симплекс-методом, найти состав сырья, при котором выход газообразных продуктов максимален.

**Приборы:** установка (рис. 1) включает в себя следующие приборы:

- 1 – делительная воронка (питание реактора),
- 2 – термopapa,
- 3 – электропечь для обогрева ректора,
- 4 – холодильник,

- 5 – приемник,
- 6 – газосчетчик,
- 7 – прибор показания температуры,
- 8 – регулятор температуры (ЛАТР),
- 9 – реактор.

**Реактивы:** в качестве сырья используем 3-х компонентную смесь: гексан, бензол, изопрен.

### Выполнение работы

Эксперименты проводят на установке пиролиза (рис. 1), методические указания к выполнению работы изложены в работе №1. Найденный в работе №1 оптимальный состав сырья подвергается пиролизу при 4-х различных значениях скорости подачи сырья: 600 °С, 800°С, 1000°С, 1200°С.

Эксперименты необходимо проводить при постоянной объемной скорости подачи углеводородного сырья (время истечения сырья 30-35 мин). По окончании опыта фиксируют время истечения исходного сырья, объем газов, прошедших через газовые часы 6, и массу жидкой фазы.

### Оформление результатов

Составляют материальный баланс, результаты заносят в таблицу. Рассчитывают выход газообразных продуктов, вычисления заносят в таблицу 1.5

Таблица 1.5

N	$\tau_{\text{ист}}, \text{с}$	$V_{\text{об}}, \text{м}^3/\text{с}$	$\tau_{\text{пр}}, \text{с}$	$\eta, \%$
1				
2				
3				
4				

Объемную скорость подачи сырья рассчитывают по формуле:

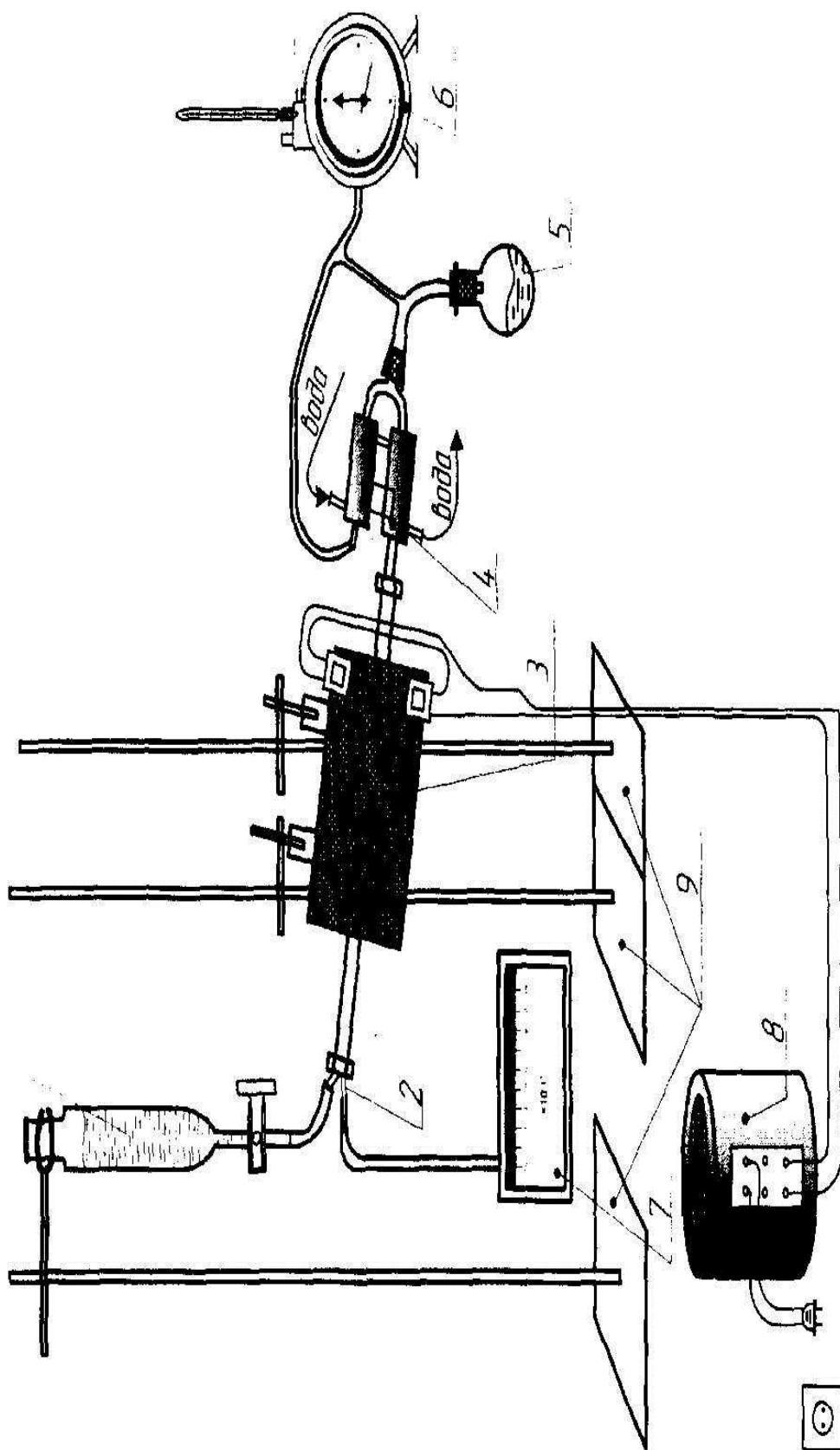
$$V_{\text{ид}} = \frac{V_{\text{ни}}}{\tau_{\text{ид}}} \text{ где } V_{\text{см}}, \tau_{\text{ист}} - \text{объем и время истечения смеси углеводородов.}$$

Время пребывания сырья в реакторе находят по формуле:

$$\tau_{\text{ид}} = \frac{V_{\text{ид}}}{V_{\text{д}}}, \text{ где } V_{\text{р}} - \text{объем реактора, } V_{\text{д}} = \frac{\pi d^2}{4} \cdot h, \text{ где } d, h - \text{диаметр и высота}$$

реактора.

На основе полученных данных строят графики зависимостей выхода газообразных продуктов пиролиза от времени пребывания в реакторе углеводородной смеси.



### Критерии оценки:

Студент должен выполнить две лабораторные работы.

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

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

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

**Вопросы для зачёта с оценкой (6 семестр)**

по дисциплине Технология основного органического и нефтехимического синтеза

1. Продукты, производимые промышленностью ООHC.
2. Схемы сырьевых потоков на предприятиях ООHC (на примере ОАО «НКНХ»).
3. Основное сырье для промышленности органического синтеза.
4. Термическая стабильность углеводородов. Химические реакции, протекающие при пиролизе. Первичные и вторичные реакции. Факторы, влияющие на состав и выход продуктов пиролиза.
5. Пиролиз углеводородов с целью получения низших олефинов. Сырье пиролиза. Структура установки пиролиза.
6. Переработка продуктов пиролиза (пирогаз и пиробензин). Применение процессов адсорбции и гидрирования для очистки целевых фракций.
7. Основные продукты пиролиза и методы их разделения.
8. Основные способы получения мономеров и других непредельных соединений.
9. Совместное производство стирола и окиси пропилена. Узел получения гидроперекиси этилбензола.
10. Совместное производство стирола и окиси пропилена. Узел эпексидирования.
11. Совместное производство стирола и окиси пропилена. Узел дегидрирования метилфенилкарбинола.
12. Технологическая схема получения этилбензола.

**Критерии оценки:**

6 семестр:

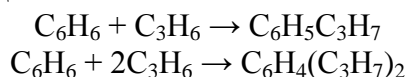
Максимально 40 баллов - за полный, развернутый ответ на поставленные вопросы.

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

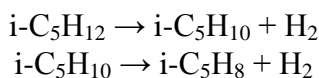
Министерство образования и науки Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал) федерального  
государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»  
Технологический факультет

**Комплект вопросов для контрольной работы (6 семестр)**  
по дисциплине Б1.В.06 Технология основного органического и нефтехимического синтеза

1. Составить материальный баланс производства изопропилбензола алкилированием бензола пропиленом в присутствии хлористого алюминия производительностью 80 тысяч тонн в год. Конверсия бензола составляет 85%, конверсия пропилена – 98%, селективность по изопропилбензолу – 75%. Количество часов работы установки в год – 8000. Процесс идет по следующим реакциям:



2. Составить материальный баланс первой стадии производства изопрена двухстадийным дегидрированием изопентана из расчета 200 тысяч изопрена в год. Изопрен получают в две стадии:



Расходный коэффициент изоамиленов на изопрен равен 1,5. Конверсия изопентана на первой стадии составляет 40%, селективность по изоамиленам – 80%. В качестве побочных продуктов на первой стадии образуются легкие углеводороды. Количество часов работы установки в год – 8000.

3. Дать определения следующим понятиям:

- 1) расходные коэффициенты;
- 2) качество продукта;
- 3) производительность аппаратуры;
- 4) себестоимость продукта.

**Критерии оценки контрольной работы:**

Студент должен сдать 1 контрольную работу:

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

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

**Комплект заданий для групповых дискуссий (6 семестр)**  
по дисциплине Б1.В.06 Технология основного органического и нефтехимического синтеза

Групповая дискуссия №1 «Структура промышленности органического и нефтехимического синтеза»

1. Продукты, производимые промышленностью ООHC.
2. Основные сырьевые ресурсы ООHC (коксохимическое сырье, нефть, попутный газ).
3. Схемы сырьевых потоков на предприятиях ООHC (на примере ОАО «НКНХ»).
4. Основные способы получения мономеров и других непредельных соединений в промышленности ООHC (высшие и низшие олефины).
5. Способы получения поверхностно-активных веществ и синтетических масел.

Групповая дискуссия №2 «Пиролиз углеводородов»

1. Термическая стабильность углеводородов. Химические реакции, протекающие при пиролизе. Первичные и вторичные реакции. Радикальный механизм реакции пиролиза на примере разложения этана. Факторы, влияющие на состав и выход продуктов пиролиза.
2. Пиролиз углеводородов с целью получения низших олефинов. Сырье пиролиза. Структура установки пиролиза.
3. Переработка пирогаза и пиробензина. Применение процессов адсорбции и гидрирования для очистки продуктов пиролиза. используемые адсорбенты и катализаторы гидрирования.
4. Установка гидродеалкилирования. Реакции, лежащие в основе процессов гидродеалкилирования и гидрокрекинга. Разделение продуктов гидродеалкилирования.

**Критерии оценки групповых дискуссий:**

Студент должен участвовать в двух групповых дискуссиях.

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

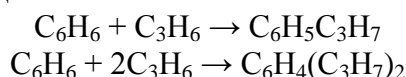
Минимально 3 баллов – за неполный ответ с допущением ошибок.



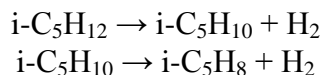
**Комплект заданий для практических работ (6 семестр)**  
по дисциплине Б1.В.06 Технология основного органического и нефтехимического синтеза

Практическая работа №1

1. Составить материальный баланс производства изопропилбензола алкилированием бензола пропиленом в присутствии хлористого алюминия производительностью 75 тысяч тонн в год. Конверсия бензола составляет 75%, конверсия пропилена – 90%, селективность по изопропилбензолу – 85%. Количество часов работы установки в год – 8000. Процесс идет по следующим реакциям:



2. Составить материальный баланс первой стадии производства изопрена двухстадийным дегидрированием изопентана из расчета 240 тысяч изопрена в год. Изопрен получают в две стадии:



Расходный коэффициент изоамиленов на изопрен равен 1,3. Конверсия изопентана на первой стадии составляет 50%, селективность по изоамиленам – 75%. В качестве побочных продуктов на первой стадии образуются легкие углеводороды. Количество часов работы установки в год – 8000.

3. Дать определения следующим понятиям:

- 1) расходные коэффициенты;
- 2) качество продукта;
- 3) производительность аппаратуры;
- 4) себестоимость продукта.

**Критерии оценки практической работы:**

Студент должен выполнить одну практическую работу.

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

Минимально 6 баллов – за неполный ответ с допущением ошибок.

**Комплект заданий для лабораторных работ (7 семестр)**

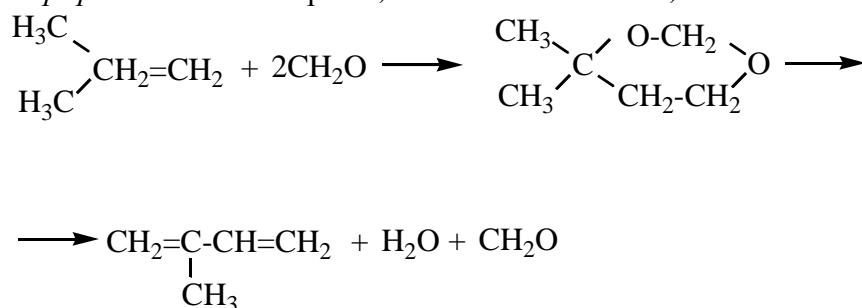
по дисциплине Б1.В.06 Технология основного органического и нефтехимического синтеза  
Лабораторная работа №1 «ПОЛУЧЕНИЕ ИЗОПРЕНА РАЗЛОЖЕНИЕМ 4,4-ДИМЕТИЛДИОКСАНА-1,3»

Цель работы: Ознакомление с методами производства важнейшего мономера - изопрена. Получение изопрена разложением 4, 4-диметилдиоксана-1,3, определение выхода на пропущенный и разложенный диметилдиоксан, а также выхода изобутенилкарбинола, общей степени конверсии диметилдиоксана, составление баланса реакции разложения его и определение времени контакта.

**Теоретическая часть.**

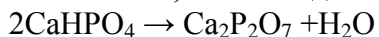
*Изопрен*, или 2-метилбутадиен - 1,3 – один из важнейших мономеров, применяемых в настоящее время для получения как сополимерных синтетических каучуков, так и стереорегулярного полиизопренового каучука СКИ-3. Последний по своим свойствам близок к натуральному каучуку, а по некоторым показателям даже превосходит его.

Изопрен можно получать различными путями, но в настоящее время наиболее хорошо разработанным и освоенным способом получения изопрена является синтез его из *изобутилена* и *формальдегида* через *4,4-диметилдиоксан-1,3*:



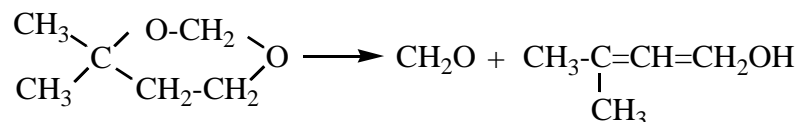
Конденсация изобутилена с формальдегидом осуществляется под давлением в присутствии серной кислоты. Разложение 4, 4-диметилдиоксана-1, 3 идет в присутствии катализаторов-фосфатов кальция. Лучшим по активности, устойчивости и удовлетворительной прочности оказался смешанный катализатор, содержащий 20-25% двузамещенного фосфата кальция (катализатор КСД).

Реакцию необходимо проводить в присутствии водяных паров. Катализатор в отсутствие водяного пара теряет свою активность, так как идет процесс распада:



В присутствии больших количеств водяного пара протекает практически только основная реакция образования изопрена, а побочная реакция распада диоксана с отложением смолистых соединений либо не идет вовсе, либо ее удельный вес мал. Оптимальное соотношение воды к диоксану составляет 2,5 кг на 1 кг или 15:1 (в моль).

Следует указать, что избыток паров воды против оптимального может затормозить реакцию распада диметилдиоксана на промежуточной стадии образования изобутенилкарбинола:



Изменение температуры влияет на выход изопрена. Чем выше температура реакции, тем меньшее время контакта требуется для достижения максимального выхода.

Практическими опытами установлено, что наилучший выход изопрена (70-75%) на пропущенный и (80-85%) на разложенный диоксан на катализаторе КСД при 350 °С получается при скорости подачи диметилдиоксана 0,7 – 1 л/(л катализатора·ч). Это соответствует времени контакта, 0,50-0,55 сек.

#### Характеристика сырья и продукта.

4, 4-Диметилдиоксан-1, 3 – бесцветная прозрачная жидкость, легко воспламеняющаяся, т. кип. 133,4° С,  $d_4^{20} = 0,9634$ ,  $n_D^{20} = 1,4238$ ,  $M = 116$ . Жидкость наркотического действия. Технический диметилдиоксан (96%-ный) содержит примеси триметилкарбинола, непредельных спиртов и воды. С водой диоксан образует азеотроп, кипящий при 92,8°С и имеющий состав: диметилдиоксана – 65 масс.%, воды – 35 масс.%. Растворимость при 20°С диоксана в воде – 18 масс. %, воды в диоксане – 2,8 масс. %.

Изопрен в нормальных условиях представляет собой бесцветную подвижную жидкость, нерастворимую в воде и хорошо растворяющуюся в спирте, эфире и других органических растворителях. Т. кип. изопрена при атмосферном давлении 32,6 °С, т. пл. – 146,8 °С. Изопрен легко воспламеняется; работа с ним требует большой осторожности.

По физиологическим свойствам изопрен похож на бутадиев, однако более активен. Присутствие в атмосфере небольшого количества паров изопрена вызывает ощущение сухости во рту и усиливает сердцебиение.

#### Реактивы и оборудование

4,4- Диметилдиоксан -1,3	30-50м л	Прибор с елочным дефлегматором для перегонки диметилдиоксана	1
Промышленный катализатор КСД		Установка разложения диметилдиоксана	1
		Пробирка(20мл) для испарения изопрена из конденсата в газометр	1
		Конические колбы с пробками (50мл)	2

#### Экспериментальная часть

Перед проведением реакции разложения технический диметилдиоксан перегоняют из колбы с елочным дефлегматором, отбирают фракцию с т. кип. 131-135°С. Одновременно с этим проводят активацию катализатора. Активация заключается в медленном подъеме температуры в течение 1-1,5 ч до 350-375°С и в выдержке при этой температуре в течение 20-30 мин. Начиная со 150°С до конца активации в печь подается вода со скоростью 1,3 л/(л катализатора·ч) и медленно просасывается воздух с помощью газометра самой установки разложения, либо воздуходувкой или водоструйным насосом. Объем катализатора в печи 30 мл при среднем размере зерен его 3х3 мм. По окончании активации, не прекращая подачи воды в реактор, перестают просасывать воздух. Затем начинают дозировать диметилдиоксан в количестве 30 мл со скоростью 0,7 мл/(л катализатора·ч). Одновременно удаляют водный конденсат из приемника. При таком проведении процесса на 1 моль диметилдиоксана подается не менее 7 моль воды.

В приемную колбу попадает вся вода, непрореагировавший диметилдиоксан, формальдегид, значительная часть изопрена, изобутенилкарбинол и другие примеси. Несконденсировавшиеся в водяном холодильнике газы поступают в градуированный газометр с насыщенным раствором поваренной соли.

Как только закончится дозировка диметилдиоксана, выключают обогрев печи, но в реактор продолжают пропускать воду для вытеснения продуктов реакции и охлаждения катализаторного слоя до 150°С. Скорость пропускания воды такая же, как и во время опыта.

По окончании пропускания воды по возможности быстро сливают из приемника водный и углеводородный слои в две предварительно взвешенные и охлажденные в ледяной воде конические колбочки с пробками. Затем через сливной кран приемника кон-

денсата просасывают воздух в газометр с контактным газом для его разбавления (3-кратное). При таком разбавлении исключается конденсация изопрена в газометре. Измеряют объем газа в нем, приводят к нормальным условиям и отбирают пробы в две пипетки; в одной определяют содержание изопрена, в другой производят групповой анализ на приборе ВТИ-2 или полный анализ на хроматографе.

Углеводородный и водный слои конденсата взвешивают на технических весах с точностью до 0,01 г и анализируют.

В углеводородном слое определяют содержание изопрена, изобутенилкарбинола, диоксана, формальдегида, а в водном слое определяют содержание формальдегида и рассчитывают количество диоксана по растворимости в воде.

На основании опытных данных и результатов анализа производят расчет выходов при контактном расщеплении 4,4-диметилдиоксана-1,3 и составляют примерный материальный баланс. В конце определяют действительное время контакта.

#### **Расчет выходов при контактном разложении 4,4-диметилдиоксана-1,3.**

1. Количество пропущенного диоксана:

$$g_1 = V \cdot d (\hat{a}_{\text{дмд}})$$

$$m_1 = \frac{g_1}{M} (\hat{a}_{\text{дмд}})$$

где  $V$ —объем диоксана, мл;  $d$  - плотность, г/см<sup>3</sup>;  $M$ —молекулярный вес диоксана.

2. Количество обратного диоксана:

$$g_2 = V_{\text{об}} (\hat{a}_{\text{дмд}})$$

$$m_2 = \frac{g_2}{M} (\hat{a}_{\text{дмд}})$$

где  $V_{\text{об}}$  - объем непрореагировавшего диоксана, мл (по данным анализа).

3. Количество диоксана, превращенного в газ (в моль):

$$m_3 = \frac{V_r^o (H_{68} + H_{84})}{100 \cdot 22,4}$$

$V_r^o$ —объем контактного газа, приведенного к нормальным условиям, л;  
 $H_{68} + H_{84}$  — общее содержание непредельных в контактном газе, поглощенных 68 и 84% серной кислотой, объемн. %.

4. Количество диоксана, превращенного в изопрен (в моль):

$$m_4 = \frac{V_r^o \cdot x_u}{100 \cdot 22,4} + \frac{A \cdot g_u}{100 \cdot M_u}$$

где  $x_u$  - содержание изопрена в контактном газе, объемн. %;

$g_u$ - содержание изопрена в конденсате, масс. %;

$A$  - вес конденсата, г;

$M_u$  — молекулярный вес изопрена.

5. Количество диоксана, превращенного в изобутенилкарбинол (в моль):

$$m_5 = \frac{A \cdot g_k}{100 \cdot M_k}$$

где  $g_k$  - содержание изобутенил карбинола в конденсате, масс. %;

$M_k$  - молекулярный вес.

Затем определяют конверсию диметилдиоксана (в мол. %) по газам  $\left( \frac{m_3}{m_1} \cdot 100 \right)$ , по возврату диоксана  $\left( \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100 \right)$ , выход изопрена на пропущенный  $\left( \frac{m_4}{m_1} \cdot 100 \right)$  и на разложенный  $\left( \frac{m_4}{m_1 - m_2} \cdot 100 \right)$  диоксан, определяют содержание изо-

прена в контактном газе  $\left(\frac{m_3}{m_4} \cdot 100\right)$ , выход изопрена на разложенный диоксан, с учетом образования изобутенилкарбинола  $\left(\frac{m_4}{m_1 - m_2 - m_5} \cdot 100\right)$ . Определяют также выход формальдегида на разложенный диоксан. Затем определяют потери диоксана в % к пропущенному диоксану:

$$\left(\frac{m_1 - (m_2 + m_3 + m_4 + m_5)}{m_1} \cdot 100\right)$$

Расчет материального баланса сводят в таблицу.

**Материальный баланс разложения 4, 4-диметилдиоксана-1, 3 на катализаторе КСД**

Условия: температура: 375—395°C; объемная скорость по диметилдиоксану (ДМД) 0,5—1,5 л/(л катализатора · ч)

Пропущено, г		Получено контактного газа, г			Получено конденсата, г						Баланс опыта	Выход изопрена		Степень конверсии ДМД, %
ДМД	H <sub>2</sub> O	Изопрена	Неопределенных	Прочих, кроме O <sub>2</sub> и H <sub>2</sub> O	Изопрена	Карбинола	CH <sub>2</sub> OH	ДМД	H <sub>2</sub> O	Прочих		На пропущенный	На разложенный	

Расчет среднего времени контакта Т (в сек):

$$\tau = \frac{V_k \cdot 273 \cdot P}{V_r \cdot T \cdot 760}$$

где  $V_k$  – свободный объем катализатора, мл;

$V_r$  – объем пропускаемых паров диметилдиоксана и воды, мл/сек;

P – давление в системе, мм рт. ст.;

T – температура реакции, °K.

Для приблизительных расчетов свободный объем катализаторного слоя можно Припят равным одной трети объема катализатора:

$$V_r = \frac{V_{\text{ДМД}} + V_{\text{H}_2\text{O}}}{t}$$

где t – общее время пропускания диметилдиоксана;

$V_{\text{ДМД}}$  и  $V_{\text{H}_2\text{O}}$  – объем паров диметилдиоксана и воды, прошедших через слой катализатора за время t.

## Приложение

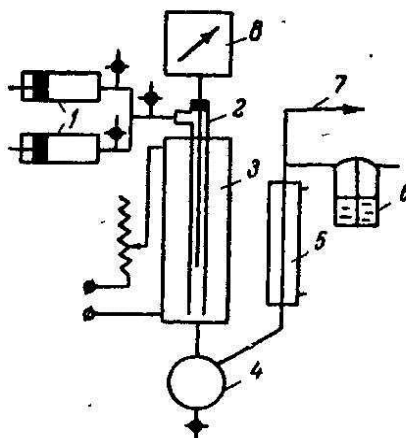


Рис. 1. Схема установки разложения диметилдиоксана:

1 – дозатор; 2 – реактор; 3 – трубчатая печь с электрообогревом; 4 – приемник; 5 – холодильник; 6 – склянка Тищенко; 7 – отвод газа и газометр постоянного давления; 8 – милливольтметр.

### **Критерии оценки лабораторных работ:**

Студент должен выполнить две лабораторные работы.

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

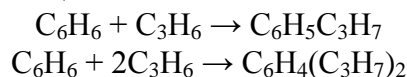
Минимально 9 баллов – за неполный ответ с допущением грубых ошибок.

**Комплект заданий для практических работ (7 семестр)**

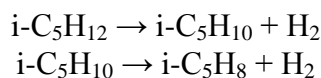
по дисциплине Б1.В.06 Технология основного органического и нефтехимического синтеза

**Практическая работа №1**

1. Составить материальный баланс производства изопропилбензола алкилированием бензола пропиленом в присутствии хлористого алюминия производительностью 110 тысяч тонн в год. Конверсия бензола составляет 76%, конверсия пропилена – 93%, селективность по изопропилбензолу – 75%. Количество часов работы установки в год – 8400. Процесс идет по следующим реакциям:



2. Составить материальный баланс первой стадии производства изопрена двухстадийным дегидрированием изопентана из расчета 190 тысяч изопрена в год. Изопрен получают в две стадии:



Расходный коэффициент изоамиленов на изопрен равен 1,45. Конверсия изопентана на первой стадии составляет 55%, селективность по изоамиленам – 83%. В качестве побочных продуктов на первой стадии образуются легкие углеводороды. Количество часов работы установки в год – 8400.

3. Дать определения следующим понятиям:

- 1) мощность аппаратуры;
- 2) интенсивность процесса;
- 3) производительность труда;
- 4) себестоимость продукта.

**Критерии оценки практической работы:**

Студент должен выполнить одну практическую работу.

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

Минимально 6 баллов – за неполный ответ с допущением ошибок.

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

**Комплект заданий для групповых дискуссий (7 семестр)**

по дисциплине Б1.В.06 Технология основного органического и нефтехимического синтеза

**Групповая дискуссия №1 «Производство стирола»**

1. Технологическая схема получения этилбензола. Химические реакции, лежащие в основе процесса. Каталитический комплекс. Условия процесса. Отмывка и нейтрализация реакционной массы. Ректификация реакционной массы.
2. Технологическая схема совместного производства стирола и окиси пропилена. Получение гидроперекиси этилбензола. Процесс эпоксидирования. Дегидратация МФК. Химические реакции и условия протекающих процессов.
3. Альтернативные способы получения стирола.

**Групповая дискуссия №2 «Процессы полимеризации и олигомеризации в нефтехимическом синтезе»**

1. Механизм катионной полимеризации на примере производства бутилкаучука. Технологическая схема получения бутилкаучука.
2. Производство тримеров и тетрамеров пропилена. Химизм, технологическая схема, направления использования готовой продукции.
3. Производство линейных  $\alpha$ -олефинов. Химизм, технологическая схема, направления использования готовой продукции.

**Критерии оценки групповых дискуссий:**

Студент должен участвовать в двух групповых дискуссиях.

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

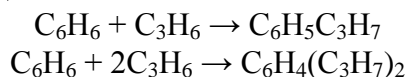
Минимально 3 баллов – за неполный ответ с допущением ошибок.

\

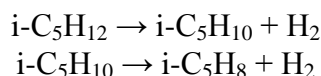


**Комплект вопросов для контрольной работы (7 семестр)**  
по дисциплине Б1.В.06 Технология основного органического и нефтехимического синтеза

1. Составить материальный баланс производства изопропилбензола алкилированием бензола пропиленом в присутствии хлористого алюминия производительностью 90 тысяч тонн в год. Конверсия бензола составляет 79%, конверсия пропилена – 95%, селективность по изопропилбензолу – 69%. Количество часов работы установки в год – 8400. Процесс идет по следующим реакциям:



2. Составить материальный баланс первой стадии производства изопрена двухстадийным дегидрированием изопентана из расчета 220 тысяч изопрена в год. Изопрен получают в две стадии:



Расходный коэффициент изоамиленов на изопрен равен 1,6. Конверсия изопентана на первой стадии составляет 45%, селективность по изоамиленам – 87%. В качестве побочных продуктов на первой стадии образуются легкие углеводороды. Количество часов работы установки в год – 8400.

3. Дать определения следующим понятиям:

- 1) мощность аппаратуры;
- 2) интенсивность процесса;
- 3) производительность труда;
- 4) себестоимость продукта.

**Критерии оценки контрольной работы:**

Студент должен сдать 1 контрольную работу:

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

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

**Комплект вопросов для экзамена (7 семестр)**

по дисциплине Б1.В.06 «Технология основного органического и нефтехимического синтеза»

1. Принципиальная технологическая схема получения этилбензола с использованием каталитического комплекса на основе хлористого алюминия. Химические реакции, лежащие в основе процесса.
2. Получение стирола методом дегидрирования этилбензола.
3. Известные способы получения стирола. Сравнительная характеристика.
4. Установка гидродеалкилирования. Реакции, лежащие в основе процесса гидродеалкилирования замещенных бензолов.
5. Процессы гидрирования и дегидрирования. Термодинамические основы выбора условий процессов. Пример производства на их основе.
6. Способы получения высших олефинов. Принципиальная технологическая схема получения олигомеров пропилена на фосфорнокислотном катализаторе. Химические реакции, лежащие в основе процесса.
7. Способы получения высших олефинов. Принципиальная технологическая схема получения  $\alpha$ -олефинов с использованием триэтилалюминия.
8. Принципиальная технологическая схема получения бутилкаучука.
9. Различные способы получения изопрена. Принципиальная технологическая схема процесса получения изопрена через диметилдиоксан. Химизм процесса.
10. Способ выделения изобутилена полимеризационной чистоты методом селективной гидратации-дегидратации. Принципиальная технологическая схема. Химизм процесса.
11. Узел дегидратации метилфенилкарбинола в совместном производстве окиси пропилена со стиролом.
12. Процесс получения окиси этилена. Принципиальная схема. Химизм процесса.
13. Продукты, производимые промышленностью ООНС.
14. Схемы сырьевых потоков на предприятиях ООНС (на примере ОАО «НКНХ»).
15. Основное сырье для промышленности органического синтеза.
16. Термическая стабильность углеводородов. Химические реакции, протекающие при пиролизе. Первичные и вторичные реакции. Факторы, влияющие на состав и выход продуктов пиролиза.
17. Пиролиз углеводородов с целью получения низших олефинов. Сырье пиролиза. Структура установки пиролиза.
18. Переработка продуктов пиролиза (пирогаз и пиробензин). Применение процессов адсорбции и гидрирования для очистки целевых фракций.
19. Основные продукты пиролиза и методы их разделения.
20. Основные способы получения мономеров и других непредельных соединений.
21. Совместное производство стирола и окиси пропилена. Узел получения гидроперекиси этилбензола.
22. Совместное производство стирола и окиси пропилена. Узел эпексидирования.

23. Совместное производство стирола и окиси пропилена. Узел дегидрирования метилфенилкарбинола.

24. Технологическая схема получения этилбензола.

**Критерии оценки:**

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

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

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

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

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

**Комплект тем курсовых работ**

по дисциплине Б1.В.06 «Технология основного органического и нефтехимического синтеза»

Примерные темы курсового проекта:

Рассчитать и спроектировать:

1. реакторный блок установки получения изопентана изомеризацией н-пентана мощностью П тысяч тонн в год
2. узел атмосферной перегонки нефти мощностью П тысяч тонн в год
3. реакторный блок установки получения дивинила окислительным дегидрированием бутана мощностью П тысяч тонн в год
4. реакторный блок установки получения этиленгликоля гидратацией окиси этилена мощностью П тысяч тонн в год
5. узел разделения изопрен-изоамиленовой фракции мощностью П тысяч тонн в год
6. узел фракционирования газового конденсата мощностью П тысяч тонн в год
7. реакторный блок установки получения триметилкарбинола гидратацией изобутиленсодержащих фракций мощностью П тысяч тонн в год
8. реакторный блок установки получения метилтретбутилового эфира алкилированием метанола изобутиленом мощностью П тысяч тонн в год
9. реакторный блок установки получения компонента моторного топлива марки КАТ-К алкилированием метанола изоамилен-пипериленовой фракцией мощностью П тысяч тонн в год
10. реакторный блок установки висбрекинга гудрона мощностью П тысяч тонн в год
11. реакторный блок получения элементарной серы Клаус-методом мощностью П тысяч тонн в год по кислым газам
12. реакторный блок установки получения стирола дегидратацией метилфенилкарбинола мощностью П тысяч тонн в год
13. реакторный блок установки получения формальдегида аэробным окислением метанола мощностью П тысяч тонн в год
14. реакторный блок установки получения бензола гидродеалкилированием фракции С6-С8 пиролизной фракции мощностью П тысяч тонн в год
15. реакторный блок установки получения тримеров пропилена олигомеризацией пропилена П тысяч тонн в год
16. реакторный блок получения водорода с паровой конверсией П тысяч тонн в год.
17. реакторный блок получения гидроперикиси этилбензола кислородом воздуха мощностью П тысяч тонн в год
18. реакторный блок получения формальдегида окислительным дегидрированием метанола мощностью П тысяч тонн в год
19. реакторный блок получения изобутилена дегидрированием изобутана мощностью П тысяч тонн в год
20. реакторный блок получения этилена пиролизом углеводородного сырья мощностью П тысяч тонн в год
21. реакторный блок получения окиси этилена окислением этилена кислородом мощностью П тысяч тонн в год

22. реакторный блок получения этилбензола алкилированием мощностью П тысяч тонн в год

23. реакторный блок получения триизобутилалюминия мощностью П тысяч тонн в год по полиизопрену

### Требования к содержанию курсовой работы

Курсовая работа должна иметь следующее содержание:

Введение.....

Теоретические основы проектируемого производства.....

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

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

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

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

Технологические основы проектируемого производства.....

2.1 Основные стадии и технологические операции.....

2.2 Характеристика сырья, целевых и побочных продуктов, вспомогательных материалов и энергоносителей.....

2.3 Описание технологической схемы производства.....

2.4 Аналитический контроль производства.....

Технологические расчеты проектируемого производства.....

3.1 Материальный баланс установки.....

3.2 Расчеты и выбор технологического оборудования.....

3.3 Расчет количества технологического оборудования.....

3.4 Моделирование и оптимизация технологического узла.....

3.5 Механический расчет основного аппарата.....

3.6 Тепловой баланс реактора.....

Объем отчета составляет 40-50 страниц машинописного текста формата А4.

### Защита курсовой работы

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

### Правила оформления курсовой работы

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

### Критерии оценки курсовой работы:

Характеристика ответа	Баллы
Курсовая работа составлена грамотно, полностью раскрыты основные термины, понятия, логично изложен основной материал работы. Дан полный, развернутый ответ на поставленные вопросы. Ответ формулируется в терминах науки, изложен литературным языком, логичен, доказателен, демонстрирует авторскую позицию студента.	96-100
В курсовой работе дан полный, но недостаточно последовательный ответ на поставленный вопрос, но при этом показано умение выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Ответ логичен и изложен в терминах науки. Могут быть допущены 1–2 ошибки в определении основных понятий, которые студент затрудняется исправить самостоятельно.	75-96

тельно.	
Дан неполный ответ, логика и последовательность изложения имеют существенные нарушения. Допущены грубые ошибки при определении сущности раскрываемых понятий, теорий, явлений, вследствие непонимания студентом их существенных и несущественных признаков и связей. В ответе отсутствуют выводы. Умение раскрыть конкретные проявления обобщенных знаний не показано. Речевое оформление требует поправок, коррекции.	60-75
Дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Студент не осознает связь данного понятия, теории, явления с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины. Не получены ответы по базовым вопросам дисциплины.	0-60