

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 27.06.2023 14:33:37  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет)»

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной  
и методической работе  
\_\_\_\_\_ Б.В.Пекаревский  
« 22 » марта 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**ХИМИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ПРИРОДНЫХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ**

Направление подготовки

**18.03.01 Химическая технология**

Направленность программы бакалавриата

**Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов**

Квалификация

**Бакалавр**

Форма обучения

**Заочная**

Факультет **химической и биотехнологии**

Кафедра **технологии нефтехимических и углехимических производств**

Санкт-Петербург

2021

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Доцент		С.В.Дронов

Рабочая программа дисциплины «Химия и технология переработки природных энергоносителей» обсуждена на заседании кафедры технологии нефтехимических и углехимических производств.

протокол от « 20 » 01 2021 № 3

Заведующий кафедрой

Б.В.Пекаревский

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химической и биотехнологии

протокол от « 18 » 03 2021 № 8

Председатель

М.В. Рутто

СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Химическая технология»		доцент М.В.Рутто
Директор библиотеки		Т.Н.Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И.Богданова
Начальник УМУ		С.Н.Денисенко

## СОДЕРЖАНИЕ

1	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	5
2	Место дисциплины в структуре образовательной программы .....	6
3	Объем дисциплины.....	6
4	Содержание дисциплины.....	7
4.1	Разделы дисциплины и виды занятий в 1 семестре 3 курса .....	7
4.1.1	Занятия лекционного типа .....	7
4.1.2	Самостоятельная работа обучающихся .....	7
4.2	Разделы дисциплины и виды занятий во 2 семестре 3 курса .....	7
4.2.1	Занятия лекционного типа .....	8
4.2.2	Практические занятия .....	8
4.2.3	Самостоятельная работа обучающихся .....	9
4.2.4	Примеры задач для выполнения контрольных работ во 2 семестре 3 курса .....	9
4.3	Разделы дисциплины и виды занятий в 1 семестре 4 курса .....	9
4.3.1	Занятия лекционного типа .....	9
4.3.2	Лабораторные занятия.....	10
4.3.3	Практические занятия .....	10
4.3.4	Самостоятельная работа обучающихся .....	10
4.4	Разделы дисциплины и виды занятий во 2 семестре 4 курса .....	11
4.4.1	Практические занятия.....	11
4.4.2	Самостоятельная работа обучающихся .....	11
4.4.3	Примеры задач для выполнения контрольных работ на 4 курсе .....	11
5	Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	12
6	Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации .....	12
7	Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины .....	13
8	Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины .....	13
9	Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	14
10	Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине .....	14
10.1	Информационные технологии .....	14

10.2 Программнообеспечение .....	14
10.3 Информационные справочные системы .....	14
11 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине .....	15
12 Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	15
Приложение № 1 к рабочей программе дисциплины .....	16

## 1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
<b>ПК-3</b> Способность разрабатывать и совершенствовать технологии производства продукции	<b>ПК-3.1</b> Знает технологии переработки нефти	<b>Знать:</b> основные процессы технологии переработки нефти (ЗН-1); <b>Уметь:</b> разрабатывать технологические схемы процессов переработки нефти (У-1); <b>Владеть:</b> навыками разработки новых технологических процессов переработки нефти (Н-1).
<b>ПК-3</b> Способность разрабатывать и совершенствовать технологии производства продукции	<b>ПК-3.2</b> Технические требования, предъявляемые к сырью, материалам, готовой продукции.	<b>Знать:</b> физико-химические показатели сырья, материалов и готовой продукции (ЗН-2); <b>Уметь:</b> подбирать сырье и материалы в соответствии с техническими требованиями (У-2); <b>Владеть:</b> навыками контроля за соблюдением технических требований, предъявляемых к сырью, материалам и готовой продукции (Н-2).
<b>ПК-3</b> Способность разрабатывать и совершенствовать технологии производства продукции	<b>ПК-3.4</b> Разработка технологической схемы	<b>Знать:</b> правила разработки технологической схемы (ЗН-4); <b>Уметь:</b> вносить изменения в технологические схемы действующих производств (У-4); <b>Владеть:</b> навыками работы со специализированным программным обеспечением при разработке технологических схем (Н-4).
<b>ПК-3</b> Способность разрабатывать и совершенствовать технологии производства продукции	<b>ПК-3.5</b> Разработка технологических проектов производства новой продукции	<b>Знать:</b> номенклатуру товарной продукции и направления ее расширения (ЗН-5); <b>Уметь:</b> анализировать исходные данные для разработки производства новой продукции (У-5); <b>Владеть:</b> навыками разработки технологических проектов (Н-5).

## 2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Химия и технология переработки природных энергоносителей» относится к направленности подготовки «Химическая технология органических веществ» и является дисциплиной по выбору (Б1.В.ДВ.01.03) модуля «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов», изучается на 3 и 4 курсах.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Общая и неорганическая химия», «Органическая химия», «Физическая химия», «Общая химическая технология», «Процессы и аппараты».

Полученные в процессе изучения дисциплины «Химия и технология переработки природных энергоносителей», умения и навыки могут быть использованы в научно-исследовательской работе обучающегося и при выполнении выпускной квалификационной работы.

## 3 Объем дисциплины

Таблица 2

Вид учебной работы	Всего, академических часов		
	3 курс	4курс	ИТОГО
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	10/360	16/576	26/936
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>28</b>	<b>46</b>	<b>74</b>
занятия лекционного типа	16	10	26
занятия семинарского типа, в т.ч.	12	32	44
лабораторные работы	–	24(22)	24(22)
практические занятия	12(6)	8(4)	20(10)
курсовое проектирование	–	4	4
КСР	–	–	–
другие виды контактной работы	–	–	–
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>323</b>	<b>512</b>	<b>835</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	3 Кр	6 Кр	9 Кр
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	экзамен (9)	2 КР, 2 экзамена (18)	2 КР, 3 экзамена (27)

## 4 Содержание дисциплины

### 4.1 Разделы дисциплины виды занятий в 1 семестре 3 курса

Таблица 3

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, академ. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Лабораторные работы	Семинары и/или практические занятия			
1	Термическая переработка твердых горючих ископаемых: коксование, полукоксование.	2			10	ПК-3	ПК-3.2
2	Газификация и деструктивная гидрогенизация	2			10	ПК-3	ПК-3.2
3	Производство синтетического жидкого топлива из твердых горючих ископаемых	2			10	ПК-3	ПК-3.2

#### 4.1.1 Занятия лекционного типа

Таблица 4

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, академ. часы	Инновационная форма
1	<b>Термическая переработка твердых горючих ископаемых: коксование, полукоксование:</b> Основные современные направления развития процессов коксования.	2	Использование слайд-презентаций
2	<b>Газификация и деструктивная гидрогенизация:</b> Основные современные направления развития процессов газификации углей и других видов ТГИ.	2	Использование слайд-презентаций
3	<b>Производство синтетического жидкого топлива из твердых горючих ископаемых.</b> Технологические схемы.	2	Использование слайд-презентаций,

#### 4.1.2 Самостоятельная работа обучающихся

Таблица 5

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, академ. часы	Форма контроля
1,2	Особенности сырья для различных процессов переработки природных энергоносителей	10	Устный опрос
1,2	Современное состояние промышленности по переработке твердых горючих ископаемых РФ.	10	Устный опрос
3	Производство синтетического жидкого топлива деструктивной гидрогенизацией угля	10	Устный опрос

### 4.2 Разделы дисциплины виды занятий во 2 семестре 3 курса

Таблица 6

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, акад. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Лабораторные работы	Семинары и/или практические занятия			
4	Первичная переработка нефти, газа и газового конденсата	3		4	100	ПК-3	ПК-3.1, ПК-3.2
5	Термические процессы вторичной переработки нефти, газа и газового конденсата	3		4	100	ПК-3	ПК-3.1, ПК-3.4
6	Каталитические процессы вторичной переработки нефти, газа и газового конденсата	4		4	93	ПК-3	ПК-3.1, ПК-3.4

## 4.2.1 Занятия лекционного типа

Таблица 7

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
4	<b>Первичная переработка нефти, газа и газового конденсата:</b> Подготовка нефти к первичной переработке. Поточная схема переработки нефти на современных НПЗ. Первичная переработка нефти.	3	Слайд-презентации,
5	<b>Термические процессы вторичной переработки нефти, газа и газового конденсата:</b> термический крекинг, висбрекинг, пиролиз нефтяных фракций, термический риформинг.	3	Слайд-презентации,
6	<b>Каталитические Процессы вторичной переработки нефти, газа и газового конденсата:</b> Гидроочистка нефтяных фракций, каталитический риформинг, гидрокрекинг, каталитический крекинг нефтяных фракций.	4	Слайд-презентации,

## 4.2.2 Практические занятия

Таблица 8

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
4	Составление материального баланса химического процесса.	4	Тренинг
5	Механизм пиролиза углеводородов различных классов. Термодинамика пиролиза.	4	Тренинг
6	Получение углеводородов в процессах каталитического крекинга.	4	Тренинг

#### 4.2.3 Самостоятельная работа обучающихся

Таблица 9

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
4	Фракционный состав нефти. Фракционирование попутного нефтяного газа и газового конденсата с получением индивидуальных углеводородов	100	Устный опрос
5	Современное состояние пиролизных производств в России и мире. Катализаторы каткрекинга.	100	Устный опрос
6	Катализаторы риформинга. Гетерогенные катализаторы в промышленности.	93	Устный опрос

#### 4.2.4 Примеры задач для выполнения контрольных работ во 2 семестре 3 курса

*В реактор риформинга непрерывно подают 2-метилгептан с расходом 100 кг/ч и температурой 150°C. В результате реакции при температуре 500°C образуются о-ксилол и этилбензол. Конверсия по сырью 90%, селективность образования о-ксилола 80%. Составить материальный баланс процесса. Рассчитать минимальное количество тепла (в кВт), необходимого для осуществления риформинга 2-метилгептана*

#### 4.3 Разделы дисциплины и виды занятий в 1 семестре 4 курса

Таблица 10

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, акад. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Лабораторные работы	Семинары и/или практические занятия			
7	Технологии процессов разделения	3	4	3	95	ПК-3	ПК-3.5
8	Технологии процессов этерификации	3	4	3	95	ПК-3	ПК-3.5
9	Реакционно-разделительные системы	4	4	2	93	ПК-3	ПК-3.5

#### 4.3.1 Занятия лекционного типа

Таблица 11

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
7	<b>Технологии процессов разделения.</b> Процессы разделения продуктов переработки природных энергоносителей	3	Слайд-презентации,
8	<b>Технологии процессов этерификации.</b> Процессы	3	Слайд-презентации,

	этерификации и гидратации		
9	<b>Реакционно-разделительные системы.</b> Особенности применения ректификационных массообменных аппаратов.	4	Слайд-презентации,

#### 4.3.2 Лабораторные занятия

Таблица 12

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Примечание
7	Оксипропилирование изопропилового спирта, моноэтаноламина, диэтаноламина, диметилэтанолламина.	4	Работа в группах
8	Получение сложных эфиров карбоновых кислот. Переэтерификация, получение глицерина.	4	Работа в группах
9	Получение основания Манниха. Конденсация диэтаноламина с формальдегидом.	4	Работа в группах

#### 4.3.3 Практические занятия

Таблица 13

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
7	Составление материального баланса процессов разделения.	3	Тренинг
8	Технологические особенности ведения процессов этерификации и гидратации.	3	Тренинг
9	Особенности синтеза органических веществ с применением ректификационных массообменных аппаратов.	2	Тренинг

#### 4.3.4 Самостоятельная работа обучающихся

Таблица 14

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
7	Современные технологии процессов конденсации, дегидратации.	95	Устный опрос
8	Современные технологии процессов разделения продуктов переработки природных энергоносителей.	95	Устный опрос
9	Технологии процессов этерификации, гидратации	93	Устный опрос

#### 4.4 Разделы дисциплины и виды занятий во 2 семестре 4 курса

Таблица 15

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, академ. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Лабораторные работы	Семинары и/или практические занятия			
10	Технологические схемы фракционирования сложных углеводородных смесей		4		75	ПК-3	ПК-3.5
11	Технологии выделения индивидуальных ароматических углеводородов из смесей		4		75	ПК-3	ПК-3.5
12	Технология экстрактивной ректификации		4		79	ПК-3	ПК-3.5

##### 4.4.1 Лабораторные занятия

Таблица 16

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, академ. часы	Примечание
10	Технологические схемы фракционирования сложных углеводородных смесей	4	Устный опрос
11	Технологии выделения индивидуальных ароматических углеводородов из смесей	4	Устный опрос
12	Технологические схемы процессов этерификации, гидратации. Материальный и тепловой балансы.	4	Тренинг

##### 4.4.2 Самостоятельная работа обучающихся

Таблица 17

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, академ. часы	Форма контроля
10	Кристаллизация, экстрактивная и аддуктивная кристаллизация	75	Устный опрос
11	Диффузия через мембраны и термодиффузия	75	Устный опрос
12	Технология экстрактивной ректификации	79	Устный опрос

##### 4.4.3 Примеры задач для выполнения контрольных работ на 4 курсе

*Получение изопропилового спирта из пропилена ведут в адиабатическом реакторе при давлении 0,5МПа. Сырье подают в реактор при температуре 150°С. Для проведения реакции взяли пропан-пропиленовую фракцию с содержанием пропилена 85% моль, смешали с водяным паром и полученную смесь подали в реактор с расходом 440 м<sup>3</sup>/ч при*

$T=150^{\circ}\text{C}$  и давлении  $0,5\text{МПа}$ . Мольное соотношение вода/пропилен равно  $5/1$ . Процесс проводят до достижения равновесия. Константу равновесия принять равной  $25$ . Определить равновесный состав и температуру реакционной массы на выходе из реактора.

## **5 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <http://media.technolog.edu.ru>

## **6 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации**

Своевременное выполнение обучающимся мероприятий текущего контроля позволяет превысить (достигнуть) пороговый уровень («удовлетворительно») освоения предусмотренных элементов компетенций.

Результаты дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций превышен (достигнут) пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе.

К сдаче экзамена допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля (выполнившие контрольные работы).

Промежуточная аттестация по дисциплине на 3 и 4 курсах проводится в форме экзаменов и защиты двух курсовых работ (КР). Экзамены предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуется теоретическими вопросами.

При сдаче экзамена, студент получает два вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

Пример варианта вопросов на экзамене:

*1. Очистка от сернистых соединений. Тонкая очистка газов от  $\text{H}_2\text{S}$ . Сушка газов, характеристика осушителей.*

*2. Паровая конверсия метана и его гомологов в трубчатых печах, парокислородная конверсия в шахтных аппаратах. Схема двухступенчатой каталитической конверсии метана. Некаталитическая высокотемпературная конверсия.*

На 4 курсе обучающиеся должны выполнить две курсовые работы.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

## 7 Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины

### а) печатные издания:

1 Потехин, В.М. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки: учебник для бакалавров и магистров по направлениям: "Химическая технология" (бакалавры), "Химическая технология" (магистры) / В. М. Потехин, В. В. Потехин. - 3-е изд., испр. и доп. - СПб.; М; Краснодар: Лань, 2014. - 896 с. ISBN 978-5-8114-1662-2.

2 Лебедев, Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза: учебник для химико-технологических спец. вузов / Н. Н. Лебедев. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Альянс, 2013. - 592 с.: ил.; ISBN 978-5-91872-035-6.

3 Тимофеев, В.С. Принципы технологии основного органического и нефтехимического синтеза: Учебное пособие для вузов по направлению подготовки "Химическая технология и биотехнология" / В. С. Тимофеев, Л. А. Серафимов, А. В. Тимошенко. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. шк., 2010. - 408 с.; ISBN 978-5-06-006067-6.

4 Основные процессы нефтехимии: Справочник / Ред. Р. А. Мейерс, пер. с англ. под ред. И. А. Голубевой. - СПб.: Профессия, 2015. - 752 с.; ISBN 978-5-91884-070-2.

5 Капустин, В.М. Технология производства автомобильных бензинов: учебное пособие для бакалавров и магистров вузов, обучающихся по спец. "Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов" / В. М. Капустин. - М.: Химия; М: РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2015. - 256 с.; ISBN 978-5-98109-106-3.

6 Нефтегазовый комплекс России и первичная переработка нефти / А. А. Гайле [и др.]; [Под ред. А. А. Гайле]. - СПб: Химиздат, 2016. - 448 с; ISBN 978-5-93808-260-1.

### б) электронные учебные издания:

1 Кукурина, О. С. Технология переработки углеводородного сырья : учебное пособие / О. С. Кукурина, А. А. Ляпков. — СПб.: Лань, 2020. — 168 с. — ISBN 978-5-8114-4241-6. <https://e.lanbook.com/book/133887>Режим доступа: по подписке.

2 Арыстанбекова, С. А. Современные методы анализа легкого углеводородного сырья и продуктов его переработки : монография / С. А. Арыстанбекова, М. С. Лапина, А. Б. Волынский. — СПб.: Лань, 2020. — 340 с. — ISBN 978-5-8114-4394-9. <https://e.lanbook.com/book/139290>.Режим доступа: по подписке.

3 Голубева, И. А. Газоперерабатывающие предприятия России : монография / И. А. Голубева, И. В. Мещерин, Е. В. Родина ; под редакцией А. Л. Лapidуса. — 2-е изд., стер. — СПб : Лань, 2021. — 456 с. — ISBN 978-5-8114-7172-0. <https://e.lanbook.com/book/156409>. Режим доступа: по подписке.

4 Сибаров, Д. А. Катализ, каталитические процессы и реакторы : учебное пособие / Д. А. Сибаров, Д. А. Смирнова. — 2-е изд., стер. — СПб.: Лань, 2021. — 200 с. — ISBN 978-5-8114-2158-9. <https://e.lanbook.com/book/169060>.Режим доступа: по подписке.

5 Смит, В. А. Основы современного органического синтеза : учебное пособие / В. А. Смит, А. Д. Дильман. — 5-е изд. — М.: Лаборатория знаний, 2020. — 753 с. — ISBN 978-5-00101-761-5. <https://e.lanbook.com/book/135517>. Режим доступа: по подписке.

6 Москвичев, Ю.А. Теоретические основы химической технологии: учебное пособие/ Ю.А. Москвичев, А.К. Григоричев, О.С. Павлов. – 4-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2020. - 272 с. ISBN 978-5-8114-4983-5 ( <https://e.lanbook.com/book/130185>. Режим доступа: по подписке.

## **8 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

учебный план, РПД и учебно-методические материалы: <http://media.technolog.edu.ru>

электронно-библиотечные системы:

«Электронный читальный зал – БиблиоТех» <https://technolog.bibliotech.ru/>;

«Лань» <https://e.lanbook.com/books/>.

## **9 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Все виды занятий по дисциплине «Химия и технология переработки природных энергоносителей» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТО СПбГТИ 020-2011. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лабораторные занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

СТО СПбГТИ 018-2014. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

- плановость в организации учебной работы;
- серьезное отношение к изучению материала;
- постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходить, имея багаж знаний и вопросов по уже изученному материалу.

## **10 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

### **10.1 Информационные технологии**

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций;
- использование мультимедийных средств в лабораторном практикуме
- взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

### **10.2 Программное обеспечение**

- Microsoft Office (Microsoft Excel);
- Mathcad 14
- Autodesk AutoCAD 2015
- Microsoft Visio
- VMGSim
- AspenPlus, Hysys

### **10.3 Информационные справочные системы**

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс»

## 11 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Адрес	Наименование оборудованных учебных кабинетов/объектов для проведения практических занятий	Оснащенность оборудованных учебных кабинетов/объектов для проведения практических занятий
190013, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 24-26/49, лит. Б	Кафедра технологии нефтехимических и углехимических производств, аудитория №9	Специализированная мебель (40 посадочных мест), доска, демонстрационный экран, компьютер
190013, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 24-26/49, лит. Б	Кафедра технологии нефтехимических и углехимических производств, аудитория №14	Специализированная мебель (20 посадочных мест), доска, демонстрационный экран, компьютер

## 12 Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебный процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014г.

**Приложение № 1к рабочей программе дисциплины**

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации по дисциплине «Химия и технология пе-  
реработки природных энергоносителей»**

**1 Перечень компетенций и этапов их формирования**

Таблица 18

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
<b>ПК-3</b>	Способность разрабатывать и совершенствовать технологии производства продукции	промежуточный

## 2 Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания

Таблица 17

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
<b>ПК-3.1</b> Знает технологии переработки нефти	Знает технологию производства товарной продукции и направления ее совершенствования (ЗН-1);	Правильные ответы на вопросы №1-10 к экзамену	Называет отдельные процессы технологии производства товарной продукции (ЗН-1)	Перечисляет основные процессы технологии производства товарной продукции (ЗН-1)	Показывает знание технологии производства товарной продукции и основных направлений ее совершенствования (ЗН-1)
	Умеет внедрять рационализаторские предложения и изобретения (У-1);	Правильные ответы на вопросы № 11-21 к экзамену	Перечисляет основные признаки рационализаторских предложений и изобретений (У-1);	Отвечает на дополнительные вопросы по порядку внедрения рационализаторских предложений и изобретений (У-1);	Объясняет последовательность действий при внедрении рационализаторских предложений и изобретений (У-1);
	Демонстрирует навыки оформления рационализаторских предложений и изобретений (Н-1).	Правильные ответы на вопросы № 22-30 к экзамену	Демонстрирует знание наименований документов для оформления рационализаторских предложений и изобретений (Н-1).	Демонстрирует знание наименований документов и порядка оформления рационализаторских предложений и изобретений (Н-1).	Показывает навыки оформления рационализаторских предложений и изобретений (Н-1).
<b>ПК-3.2</b> Технические требования, предъявляемые к сырью, материалам, готовой	Знает передовой отечественный и зарубежный опыт в области технологии нефти (ЗН-2);	Правильные ответы на вопросы №31-45 к экзамену	Путается в перечислении основных технологических процессов переработки нефти (ЗН-2);	Называет наиболее перспективные процессы переработки нефти (ЗН-2);	Уверенно комментирует отечественный и зарубежный опыт в области технологии нефти (ЗН-2);

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
продукции.	Анализирует последние достижения в области технологии нефти (У-2);	Правильные ответы на вопросы №46-64 к экзамену	Путается в перечислении последних достижений в области технологии нефти (У-2)	Объясняет сущность последних достижений в области технологии нефти с помощью наводящих вопросов (У-2)	Аргументированно анализирует последние достижения в области технологии нефти (У-2)
	Демонстрирует навыки патентного поиска и работы с источниками актуальной информации (Н-2).	Правильные ответы на вопросы № 65-80 к экзамену	Объясняет цель проведения патентного поиска и работы с источниками актуальной информации (Н-2).	Перечисляет основные правила проведения патентного поиска и работы с источниками актуальной информации (Н-2).	Способен квалифицированно провести патентный поиск и работать с источниками актуальной информации (Н-2).
<b>ПК-3.4</b> Разработка технологической схемы	Знает передовой отечественный и зарубежный опыт в области технологии нефти (ЗН-2);	Правильные ответы на вопросы №81-95 к экзамену	Путается в перечислении основных технологических процессов переработки нефти (ЗН-2);	Называет наиболее перспективные процессы переработки нефти (ЗН-2);	Уверенно комментирует отечественный и зарубежный опыт в области технологии нефти (ЗН-2);
	Анализирует последние достижения в области технологии нефти (У-2);	Правильные ответы на вопросы №96-104 к экзамену	Путается в перечислении последних достижений в области технологии нефти (У-2)	Объясняет сущность последних достижений в области технологии нефти с помощью наводящих вопросов (У-2)	Аргументированно анализирует последние достижения в области технологии нефти (У-2)

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	Демонстрирует навыки патентного поиска и работы с источниками актуальной информации (Н-2).	Защита курсовой работы в 1 семестре 4 курса	Объясняет цель проведения патентного поиска и работы с источниками актуальной информации (Н-2).	Перечисляет основные правила проведения патентного поиска и работы с источниками актуальной информации (Н-2).	Способен квалифицированно провести патентный поиск и работать с источниками актуальной информации (Н-2).
<b>ПК-3.5</b> Разработка технологических проектов производства новой продукции	Знает передовой отечественный и зарубежный опыт в области технологии нефти (ЗН-2);	Правильные ответы на вопросы №105-112 к экзамену	Путается в перечислении основных технологических процессов переработки нефти (ЗН-2);	Называет наиболее перспективные процессы переработки нефти (ЗН-2);	Уверенно комментирует отечественный и зарубежный опыт в области технологии нефти (ЗН-2);
	Анализирует последние достижения в области технологии нефти (У-2);	Защита курсовой работы в 2 семестре 4 курса	Путается в перечислении последних достижений в области технологии нефти (У-2)	Объясняет сущность последних достижений в области технологии нефти с помощью наводящих вопросов (У-2)	Аргументированно анализирует последние достижения в области технологии нефти (У-2)
	Демонстрирует навыки патентного поиска и работы с источниками актуальной информации (Н-2).	Правильные ответы на вопросы № 113-122 к экзамену	Объясняет цель проведения патентного поиска и работы с источниками актуальной информации (Н-2).	Перечисляет основные правила проведения патентного поиска и работы с источниками актуальной информации (Н-2).	Способен квалифицированно провести патентный поиск и работать с источниками актуальной информации (Н-2).

### **3 Контрольные вопросы и задания для проведения промежуточной аттестации**

#### **3.1 Контрольные вопросы для проведения промежуточной аттестации на экзамене на 3 курсе**

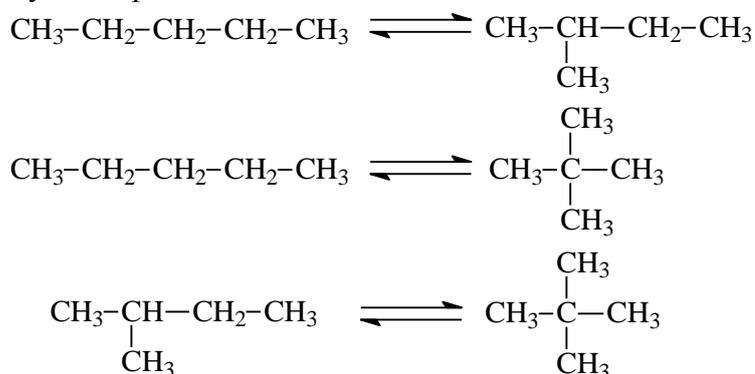
1. Представление о видах ТГИ и целесообразных приемах их переработки.
2. Прием и складирование ТГИ, борьба со смерзаемостью и самовозгоранием.
3. Измельчение и грохочение ТГИ.
4. Принципы и способы обогащения ТГИ.
5. Показатели качества ТГИ. Технический анализ ТГИ.
6. Высокотемпературное коксование (назначение, сырье, параметры процесса).
7. Устройство коксовых печей, камера коксования, габариты, высота загрузки.
8. Отопительные простенки, их устройство у печей ПВР и ПК-2К.
9. Представление о батарее коксовых печей.
10. Схема механизмов, обслуживающих коксовую батарею.
11. Схема конденсации продуктов коксования.
12. Схема улавливания аммиака из коксового газа сатураторным методом.
13. Схема улавливания сырого бензола.
14. Побочные продукты высокотемпературного коксования. Направления использования.
15. Кокс. Способы его получения.
16. Среднетемпературное коксование (назначение, сырье, параметры процесса).
17. Устройство печи Лурги - агрегата среднетемпературного коксования и полукоксования ТГИ.
18. Схема улавливания парогазовых продуктов среднетемпературного коксования.
19. Полукоксование ТГИ (назначение, сырье, параметры процесса, виды готовых продуктов).
20. Основные факторы, влияющие на процесс полукоксования. Выбор параметров процесса, аппаратуры в зависимости от вида сырья и цели проводимого процесса.
21. Полукоксование с различными вариантами подвода тепла.
22. Полукоксование угля со смешанным теплоносителем. Установка ТККУ.
23. Особенности сланцев как технологического сырья. Товарные характеристики сланцев.
24. Переработка прибалтийских горючих сланцев. Основные принципы переработки.
25. Технологическая схема переработки сланцев в камерных печах (назначение процесса, режим, продукты).
26. Устройство 1000-тонного генератора переработки сланцев.
27. Технологическая схема улавливания продуктов переработки сланцев в газогенераторах.
28. Полукоксование сланцевой мелочи с твердым теплоносителем. Технологическая схема УТТ-3000.
29. Газификация ТГИ (назначение, сырье, параметры процесса, готовые продукты).
30. Получение газов высокой теплотворной способности двухступенчатой газификацией по методу Hugas.
31. Получение газов высокой теплотворной способности по методу Hydrane.
32. Получение синтез-газа по методу Техасо.
33. Получение СЖТ из синтез-газа по методу Фишера-Тропша. Назначение процесса, параметры, промышленные катализаторы, продукты.
34. Технологическая схема синтеза Фишера-Тропша на стационарном катализаторе.

35. Технологическая схема Фишера-Тропша на железном катализаторе в кипящем слое.
36. Синтез метанола (назначение процесса, параметры, катализаторы).
37. Технологическая схема синтеза метанола.
38. Технологическая схема получения высокооктанового бензина из метанола.
39. Деструктивная гидрогенизация углей (назначение, сырье, параметры процесса).
40. Технологическая схема жидкофазной гидрогенизации ТГИ.

### 3.2 Задания для выполнения курсовой работы на 4 курсе (1 семестр)

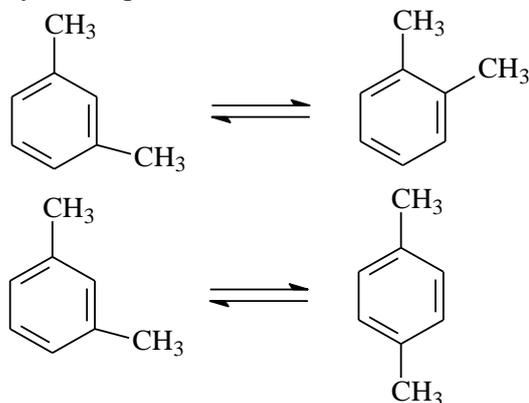
1. Рассчитайте константы равновесия для реакции гидратации этилена в диапазоне 400-800 К. На основании выполненного расчета рекомендуйте температуру проведения процесса и для этой температуры выполните расчет равновесного состава продуктов гидратации при давлении 1 атм и соотношениях водяной пар/этилен 1/2 моль/моль.

2. При изомеризации *n*-пентана в присутствии кислотного катализатора протекают следующие реакции:



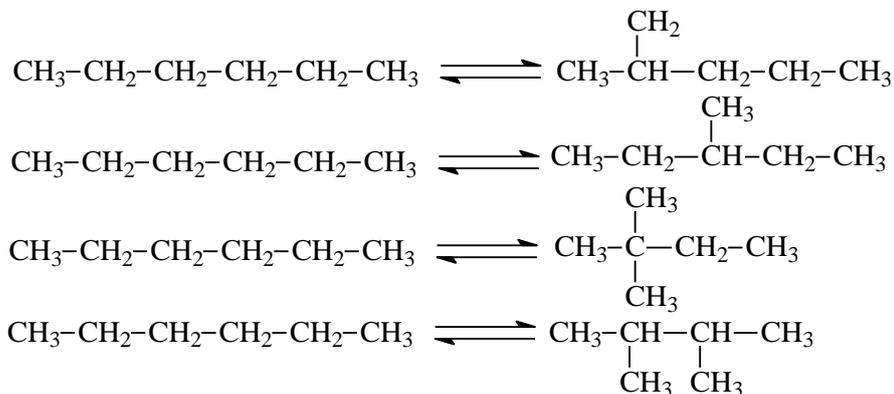
Рассчитайте равновесный состав реакционной смеси и энтальпию химического процесса. Реакция в газовой фазе: давление 1,0 МПа, температура 400 К.

3. При изомеризации *m*-ксилола в присутствии кислотного катализатора протекают следующие реакции:



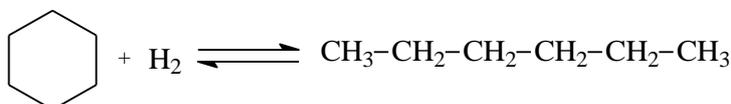
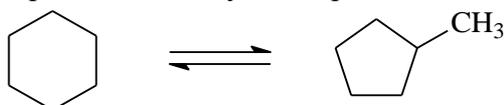
Рассчитайте равновесный состав реакционной смеси и энтальпию химического процесса при следующих условиях. Реакция в газовой фазе: давление 0,5 МПа, температура 600К.

4. При изомеризации *n*-гексана в присутствии кислотного катализатора протекают следующие реакции:



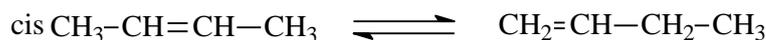
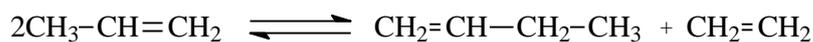
Рассчитайте равновесный состав реакционной смеси и энтальпию химического процесса. Реакция в жидкой фазе: температура 400 К, система идеальная.

5. При изомеризации циклогексана в присутствии кислотного катализатора и водорода протекают следующие реакции:



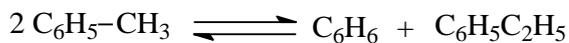
Рассчитайте равновесный состав реакционной смеси и энтальпию химического процесса. Реакция в газовой фазе: давление 0,3 МПа, молярное отношение  $\text{C}_6\text{H}_{12} : \text{H}_2 = 1:2$ , температура 400 К.

6. При каталитическом диспропорционировании пропилена протекают следующие реакции:



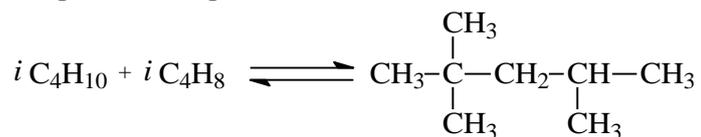
Рассчитайте равновесный состав реакционной смеси и энтальпию химического процесса. Реакция в газовой фазе: давление 4,0 МПа, температура 700 К.

7. При каталитическом диспропорционировании толуола протекают следующие реакции:



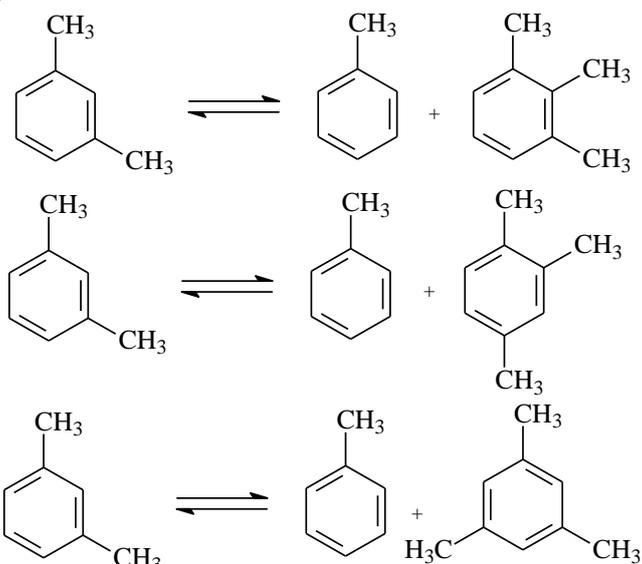
Рассчитайте равновесный состав реакционной смеси и энтальпию химического процесса. Реакция в жидкой фазе: температура 500 К, система идеальная.

8. При кислотном катализе алкилирования изобутана изобутиленом протекает обратимая реакция образования изооктана:



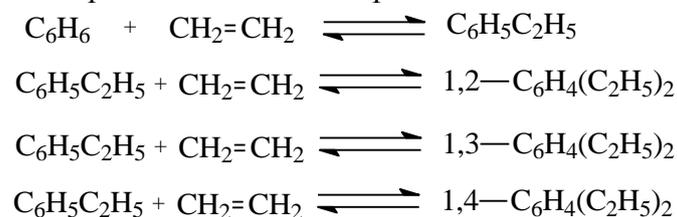
Рассчитайте равновесный состав реакционной смеси и энтальпию химического процесса. Реакция в газовой фазе: давление 2,0 МПа, молярное отношение парафин:олефин= 5:1, температура 400 К;

9. При каталитическом диспропорционировании *m*-ксилола протекают следующие реакции:



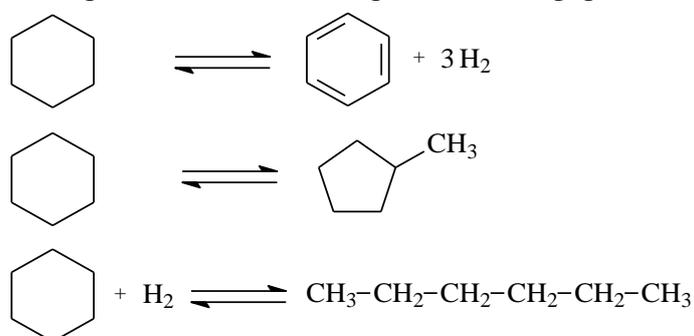
Рассчитайте равновесный состав реакционной смеси и энтальпию химического процесса при давлении 3,0 МПа и температурах 500К, 700К и 900К;

10. При кислотном алкилировании бензола этиленом протекают следующие реакции:



Реакция в жидкой фазе: молярное отношение арен:олефин= 2:1, температура 500 К, система идеальная.

11. При каталитическом процессе платформинга циклогексана протекают реакции:



Рассчитайте равновесный состав реакционной смеси и энтальпию химического процесса. Реакция в газовой фазе: давление 2,0 МПа, молярное отношение бензол:водород= 1:2, температура 500К;

12. При каталитическом платформинге циклогексана в адиабатических условиях протекает реакция дегидрирования циклогексана в бензол и водород. Рассчитать равновесный состав реакционной массы и температуру в конце реакции, если температура исходной смеси, состоящей из циклогексана и водорода в молярном отношении  $C_6H_{12}: H_2=1:4$ , составляет 700 К и 800К. Давление в реакторе составляет 2МПа. Принять реакционную смесь газов как идеальную, а термодинамические параметры не зависят от давления.

13. При гетерогенно-каталитическом дегидрировании пропана в газовой фазе образуется пропилен. Реакция проводится в адиабатических условиях и давлении 2 МПа в присутствии водорода. Молярное отношение  $C_3H_8: H_2=1:2$ , температура на входе в реактор 700К и 800К. Принять реакционную смесь газов как идеальную, а термодинамические параметры не зависят от давления.

Рассчитать равновесный состав реакционной массы и температуру на выходе из реактора.

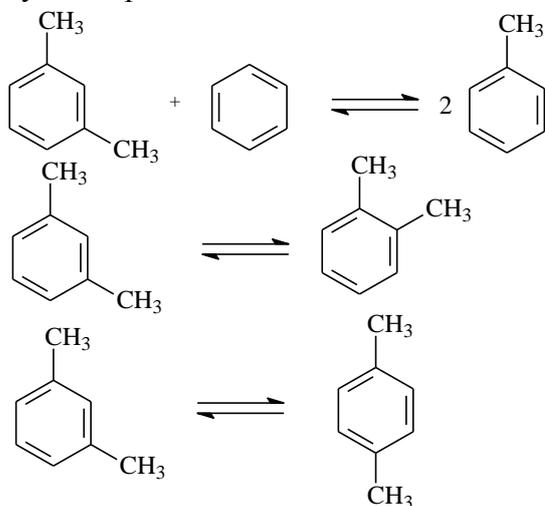
14. При гетерогенном катализе дегидрирования пропана протекают следующие реакции:



Процесс проводится при следующих условиях: давление в реакторе 2,0 МПа, молярное отношение пропан:водород= 1:2, температура 700 К.

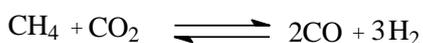
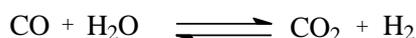
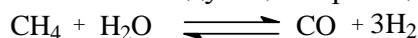
Рассчитать равновесный состав реакционной смеси и энтальпию химического процесса.

15. При каталитическом кислотном переалкилировании *m*-ксилола бензолом протекают следующие реакции:



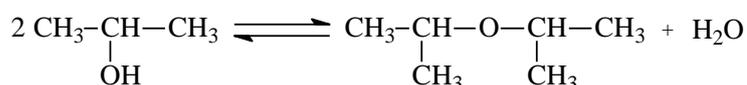
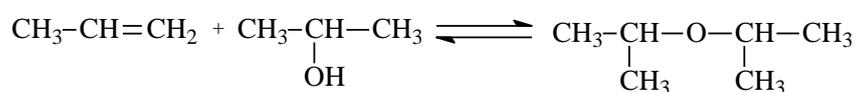
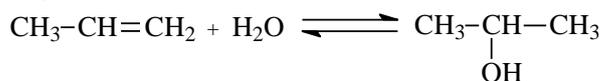
Рассчитайте равновесный состав реакционной смеси и энтальпию химического процесса. Реакция в газовой фазе: давление 2,0 МПа, молярное отношение *m*-ксилол:бензол= 1:2, температура 500К;

16. Паровая конверсия метана на гетерогенном катализаторе с получением синтез-газа описывается следующими реакциями:



Рассчитайте равновесный состав реакционной смеси и энтальпию химического процесса при следующих условиях: реакция в газовой фазе: давление 3,0 МПа, молярное отношение вода:метан= 2:1 и 3:1, температура 900К;

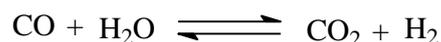
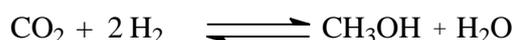
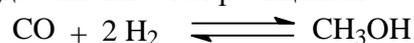
17. Гетерогенный кислотный катализ гидратации пропилена описывается следующими реакциями:



реакция в газовой фазе: давление 2,0 МПа, молярное отношение пропилен:вода= 1:10, температура 400 К;

Рассчитайте равновесный состав реакционной смеси и энтальпию химического процесса.

18. Гетерогенный катализ синтеза метанола из синтез-газа с добавкой диоксида углерода описывается реакциями:



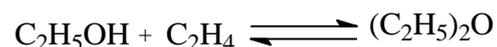
Синтез проводится при следующих условиях: давление в реакторе 5 МПа, температура 500К, содержание диоксида углерода в синтез-газе (CO+H<sub>2</sub>) 5%об., объемное отношение: H<sub>2</sub>:CO=1:2 и H<sub>2</sub>:CO=1:5.

Рассчитайте равновесный состав реакционной смеси и энтальпию химического процесса.

19. При гетерогенно-каталитическом дегидрировании этилбензола в стирол и водород в адиабатических условиях процесс проводится при следующих начальных условиях: температура 800К и 900К, давление 0,1 МПа, массовое отношение этилбензол:водяной пар=1:3

Рассчитайте равновесный состав реакционной смеси и температуру в конце реакции.

20. Гетерогенный кислотный катализ гидратации этилена описывается реакциями:



Процесс проводится при следующих условиях: давление в реакторе 4,0 МПа, молярное отношение олефин:вода = 1,5:1, температура 500К и 600К.

Рассчитайте равновесный состав реакционной смеси и энтальпию химического процесса.

### 3.3 Примеры задач для выполнения контрольных работ на 3 и 4 курсах

1 В результате пиролиза 224 кг газового сырья, состоящего из этана 75% (моль), пропана 20% (моль) и бутана 5% (моль), образовалась смесь, содержащая соответствующие олефины, 2-метилпентан и водород. Конверсия этана составила 60%, пропана – 30%, бутана – 20%. Селективность образования пропилена из пропана 90%. Составить материальный баланс, рассчитать тепло (в Дж) необходимое для проведения пиролиза при температуре 800°C.

2 В реактор метанизатор для очистки газа паровой конверсии метана от СО подали смесь, состоящую из водорода 94% (моль) и окиси углерода 6% (моль), с расходом 130 м<sup>3</sup>/ч при 225°C и 1МПа. Конверсия окиси углерода равна 100%. Определить состав газа на выходе из реактора, количество выделившегося тепла (в кВт). Предложить способ выделения образовавшейся воды из смеси газов, используя тепло целевой химической реакции.

3 Для получения водорода методом паровой конверсии в реактор подали 560 м<sup>3</sup>/ч природного газа, состоящего из метана 94% моль и этана - остальное. Конверсия метана составила 98%. Наряду с окисью углерода образовался углекислый газ, содержание которого в выходном потоке 5% моль. Определить состав (в кг) полученного газа. Определить массу 25%-ого раствора гидроксида натрия необходимо для очистки образовавшегося водорода содержащего газа СО<sub>2</sub>.

4 В процессе риформинга сырья, состоящего из 150 кг метилциклопентана и 100 кг водорода, образовался бензол и циклогексан. Узел синтеза представляет собой каскад из трех последовательно установленных реакторов. Конверсия метилциклопентана в каждом реакторе равна: 70%, 85% и 90%, соответственно. Селективность образования бензола в первом реакторе 97%, во втором – 93% и в третьем – 85%. Найти общую конверсию метилциклопентана, рассчитать материальный состав потока после каждого реактора риформинга. Рассчитать тепловой эффект реакции в первом реакторе при температуре 520°C.

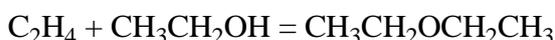
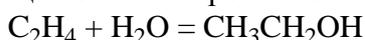
5 Для проведения парциального окисления метана кислородом воздуха взяли 120 нормальных м<sup>3</sup> метана. Мольный избыток метана по отношению к кислороду в воздушной смеси составил 10. В результате окисления была получена смесь, содержащая метан, окись углерода, диоксид углерода, водород и азот. Конверсия кислорода равна 100%, а селективность процесса по образованию СО – 93%. Рассчитать материальный баланс процесса и количество выделившегося тепла.

6 Рассчитайте равновесный состав паровой конверсии метана при 1000К, молярном соотношении метан/вода равном ¼ и атмосферном давлении. Расход метана 400 м<sup>3</sup>/ч (при 1000К и 0,1МПа). Система газов идеальная. Найти тепловой эффект реакции.

7 Рассчитайте равновесный состав дегидрирования н-бутана в смесь бутенов при 400К и 800К и давлении 0,3МПа. Для проведения реакции дегидрирования взяли 100 м<sup>3</sup> бутана. При какой температуре выход олефинов будет больше. Рассчитайте тепловой эффект реакции при температуре 400К.

8 В процессе каталитического крекинга октана при температуре 500К образуются легкие углеводороды (пропилен, бутены, пентен, метан) и кокс, отлагающийся на катализаторе. Выход кокса составляет 5%. Определить, расход пара в реакторе-регенераторе для удаления кокса со степенью превращением последнего равной 99%. Начальный поток октана на входе в реактор каткрекинга 100 кмоль/ч. Конверсия октана равна 100%. Определить количество тепла (в кВт), которое выделится в реакции удаления кокса в регенераторе.

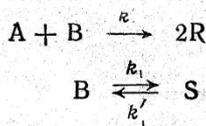
9 При прямой гидратации этилена протекают следующие реакции:



Провести материальный расчет процесса при условиях: начальный молярный поток этилена равен 150 кмоль/ч, начальное молярное соотношение этилен/вода=1/0.75, конверсия этилена равна 8%, селективность по спирту 0,95, выход диэтилового эфира 0,15%. На основании данных материального баланса рассчитать тепловой эффект процесса.

10

Реакция



проводится в реакторе идеального смешения с рециклом (рис. 2-12). Константы скорости реакции по веществу А:  $k_1 = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$ ,  $k'_1 = 0,8 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$ ,  $k_2 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1} (\text{кмоль} \cdot \text{м}^{-3})^{-1}$ . В начальный момент времени  $C'_{S_0} = C'_{R_0} = 0$ .

Плотность реакционной смеси постоянна. Общая скорость подачи  $v_0 = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$ . Отношение объемной скорости рецикла к общей скорости подачи равно 0,20. Объем реактора  $V = 1,6 \text{ м}^3$ . Начальные концентрации исходных веществ  $C'_{A_0} = 1,05 \text{ кмоль} \cdot \text{м}^{-3}$ ,  $C'_{B_0} = 2,40 \text{ кмоль} \cdot \text{м}^{-3}$ .

Определить концентрацию продукта R и производительность системы по продукту R.

11

Реакция  $A + B \xrightarrow{k_A} 2R$ , где  $k_A = 6,01 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1} (\text{кмоль} \cdot \text{м}^{-3})^{-1}$ , проходит в реакторе идеального вытеснения с рециклом (рис. 2-14). Плотность реакционной смеси не меняется. Продукт в исходном растворе отсутствует. Концентрации веществ:  $C'_{A_0} = 0,08 \text{ кмоль} \cdot \text{м}^{-3}$ ;  $C''_{A_0} = 0,08 \text{ кмоль} \cdot \text{м}^{-3}$ ;  $C''_{B_0} = 0$ ;  $C_{R_0} = 0$ . Производительность реактора по веществу R составляет  $C_R = 1,23 \cdot 10^{-4} \text{ кмоль} \cdot \text{с}^{-1}$ . Объем реактора  $V = 1,2 \text{ м}^3$ . Отношение концентраций веществ, поступающих в реактор,  $M = C_{B_0}/C_{A_0} = 3,4$ .

Определить объемную скорость рецикла и производительность схемы по веществу A и веществу B.

12

Определить производительность системы по сырью для реакции второго порядка  $A + B \xrightarrow{k} R + S$ . Константа скорости реакции  $k = 4,8 \cdot 10^{-2} \text{ с}^{-1} (\text{кмоль} \cdot \text{м}^{-3})^{-1}$ . Начальные концентрации веществ  $C_{A_0} = C_{B_0} = 7 \cdot 10^{-2} \text{ кмоль} \cdot \text{м}^{-3}$ . Концентрация вещества A на выходе из системы равна  $C_A = 5 \cdot 10^{-3} \text{ кмоль} \cdot \text{м}^{-3}$ . Рассмотреть параллельное и последовательное соединение реактора идеального смешения ( $V = 0,8 \text{ м}^3$ ) и реактора идеального вытеснения ( $V = 0,2 \text{ м}^3$ ).

13

В реакторе идеального смешения при адиабатических условиях проходит реакция  $A + B \xrightarrow{k_A} 2R + D$ , где R — продукт. Константа скорости реакции равна  $k_A = 4,8 \cdot 10^{11} \exp\left(-\frac{10200}{T}\right) \text{ с}^{-1} (\text{кмоль} \cdot \text{м}^{-3})^{-1}$ .

Реакция протекает эндотермически с тепловым эффектом, равным  $\Delta H_r = 1,8 \cdot 10^7 \text{ Дж} (\text{кмоль A})^{-1}$ , при начальных концентрациях  $C_{A_0} = 6,5 \text{ кмоль} \cdot \text{м}^{-3}$  и  $C_{B_0} = 10,5 \text{ кмоль} \cdot \text{м}^{-3}$ . Теплоемкость реакционной смеси  $c_p = 3,05 \cdot 10^3 \text{ Дж} (\text{кг} \cdot \text{К})^{-1}$ , плотность  $\rho = 1190 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$ . Температура смеси на входе  $t_{\text{вх}} = 38^\circ \text{C}$ , на выходе  $t_{\text{вых}} = 15^\circ \text{C}$ .

Определить производительность по продукту, если объем реактора равен  $V = 2,6 \text{ м}^3$ .

В реакторе идеального вытеснения, работающем в адиабатических условиях, проходит жидкофазная реакция первого порядка  $2A \xrightarrow{k_A} B$ . Начальные концентрации веществ:  $C_{A_0} = 3,2 \text{ кмоль} \cdot \text{м}^{-3}$ ;  $C_B = 0$ . Температура исходной смеси  $T_{\text{вх}} = 325 \text{ К}$ , температура на выходе из реактора  $T_{\text{вых}} = 357 \text{ К}$ . Тепловой эффект реакции  $(-\Delta H_r) = 2 \cdot 10^7 \text{ Дж}(\text{кмоль А})^{-1}$ . Теплоемкость реакционной смеси  $c_p = 2,2 \cdot 10^3 \text{ Дж}(\text{кг} \cdot \text{К})^{-1}$ , плотность  $\rho = 850 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$ . Константа скорости реакции по веществу А равна  $k_A = 10^{13} \exp\left(-\frac{12000}{T}\right) \text{ с}^{-1}$ . Объем реактора  $V = 1,26 \text{ м}^3$ .

Рассчитать производительность реактора по продукту.

15

Необратимая реакция первого порядка  $A + B \rightarrow R$  (вещество В — в избытке) протекает в цепочке трех равных по объему реакторов идеального смешения. Константа скорости реакции  $k = 2 \cdot 10^8 \exp\left(-\frac{7900}{T}\right) \text{ с}^{-1}$ . Тепловой эффект реакции не зависит от температуры и равен  $(-\Delta H_r) = 6,5 \cdot 10^7 \text{ Дж}(\text{кмоль А})^{-1}$ . Начальная концентрация вещества А  $C_{A_0} = 0,5 \text{ кмоль} \cdot \text{м}^{-3}$ , конечная  $C_{A_{j=3}} = 0,02 \text{ кмоль} \cdot \text{м}^{-3}$ . Реакционная смесь имеет теплоемкость  $c_p = 2400 \text{ Дж}(\text{кг} \cdot \text{К})^{-1}$ , плотность  $\rho = 850 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$  и подается в первый реактор при температуре  $t_0 = 5^\circ\text{С}$ . Скорость подачи равна  $v_0 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$ .

Определить, какое количество теплоты надо отводить (или подводить) от каждого реактора, если в них поддерживать разную температуру, равную, соответственно,  $t_1 = 15^\circ\text{С}$ ;  $t_2 = 25^\circ\text{С}$  и  $t_3 = 35^\circ\text{С}$ .

16

Жидкофазная необратимая реакция первого порядка  $2A \xrightarrow{k} B$  проходит в реакторе идеального смешения, работающем в адиабатических условиях. Константа скорости реакции (по веществу А) равна  $k = 10^{13} \exp\left(-\frac{12000}{T}\right) \text{ с}^{-1}$ . Тепловой эффект реакции  $(-\Delta H_r) = 2 \cdot 10^7 \text{ Дж}(\text{кмоль А})^{-1}$ . Теплоемкость реакционной смеси  $c_p = 2,2 \cdot 10^3 \text{ Дж}(\text{кг} \cdot \text{К})^{-1}$ , плотность  $\rho = 850 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$ . Реакция проводится при температуре на входе  $T_{\text{вх}} = 310 \text{ К}$  и на выходе  $T_{\text{вых}} = 362 \text{ К}$ . Скорость подачи  $v_0 = 10^{-2} \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$ .

Определить производительность реактора по исходному веществу и по продукту, если объем реактора равен  $V = 10 \text{ м}^3$ .

### 3.4 Контрольные вопросы для проведения промежуточной аттестации на экзамене на 4 курсе (1 семестр)

- 41 Характеристика основных продуктов переработки нефти. Первичные и вторичные процессы переработки нефти
- 42 Нефтяные эмульсии. Способы обессоливания и обезвоживания нефти. Дезэмульгаторы.
- 43 Направления выбора вариантов переработки нефти.
- 44 Поточные схемы нефтеперерабатывающих и газоперерабатывающих заводов.
- 45 Технологическая схема и аппаратурное оформление блока ЭЛОУ.
- 46 Комбинированные установки первичной переработки нефти.
- 47 Атмосферная перегонка нефти: устройство основной сложной ректификационной колонны и блок вторичной ректификации бензина.
- 48 Вакуумная перегонка нефти (сырьё, продукты и назначение блока). Особенности работы вакуумного блока по топливному и масляному вариантам.

- 49 Технологическая схема установки АВТ с двукратным испарением.
- 50 Общая характеристика термодеструктивных процессов нефтепереработки (термический крекинг, висбрекинг, коксование, пиролиз).
- 51 Основные параметры и виды сырья, влияющие на термические процессы переработки нефти.
- 52 Пиролиз нефтепродуктов (назначение, сырье и параметры процесса). Технологическая схема установки термического пиролиза ЭП-300.
- 53 Термический крекинг (назначение, сырье и параметры процесса, продукты). Технологическая схема установки термического крекинга.
- 54 Термический риформинг нефтяных фракций (продукты, назначение, сырье и параметры процесса).
- 55 Замедленное коксование нефтепродуктов (назначение, сырье, параметры процесса, продукты). Технологическая схема установки замедленного коксования.
- 56 Висбрекинг (назначение процесса, сырьё и основные реакции)
- 57 Процесс получения нефтяных битумов. Представление о механизме процесса, выбор сырья и параметров процесса.
- 58 Технологическая схема установки окисления гудронов до битумов.
- 59 Термокаталитические процессы переработки нефтепродуктов. Характеристика параметров и катализаторов в зависимости от назначения процесса.
- 60 Гидроочистка нефтяных фракций (катализаторы, сырьё и параметры процесса). Технологическая схема установки гидроочистки дизельной фракции.
- 61 Гидродепарафинизация и гидроизомеризация дизельной фракции (назначение процесса, химизм и продукты).
- 62 Каталитический риформинг узких нефтяных фракций (химизм, назначение процесса, сырьё и катализаторы). Технологическая схема установки каталитического риформинга.
- 63 Установки каталитического риформинга с движущимся слоем катализатора. Преимущества и недостатки.
- 64 Каталитический крекинг (химизм, назначение, сырье, параметры и катализаторы процесса, характеристика продуктов). Технологическая схема установки каталитического крекинга.
- 65 Промышленные установки каталитического крекинга: TCC и FCC.
- 66 Промышленные установки каталитического крекинга: MSCC и RCC.
- 67 Процессы алкилирования в нефтехимии. Алкилирование изобутана олефинами (химизм, катализаторы, назначение и сырьё процесса).
- 68 Установки сернокислотного и HF алкилирования. Преимущества и недостатки.
- 69 Гидрокрекинг нефтепродуктов (химизм, назначение, сырье, параметры и катализаторы процесса). Технологическая схема установки гидрокрекинга нефтепродуктов.
- 70 Изомеризация пентан-гексановой фракции углеводородов (химизм, назначение, катализаторы и продукты). Низкотемпературная и среднетемпературная изомеризация.
- 71 Процесс цеоформинг (химизм, сырьё процесса, назначение и продукты). Технологическая схема процесса цеоформинг.
- 72 Первичная переработка углеводородных газов. Подготовка газа к разделению
- 73 Осушка углеводородных газов и очистка от химических примесей.
- 74 Аминная очистка углеводородного газа от кислых примесей (назначение процесса, технологические параметры), обоснование выбора амина.

- 75 Газофракционирующие установки, типы газофракционирующих установок, сырьё и продукты.
- 76 Утилизация сероводорода из нефтезаводских газов. Установка Клауса (назначение, химизм процесса, основные аппараты).
- 77 Производство «синтез-газа» из природного газа и лёгких углеводородов. Основные и побочные продукты.
- 78 Процесс окислительной (автотермической) конверсии. Преимущества процесса и технологическая схема.
- 79 Производство синтетических углеводородов на основе «синтез-газа», пути их переработки.
- 80 Газовые конденсаты (состав, свойства). Основные пути переработки.
- 81 Качество. Определение. Системы качества. Показатели качества продуктов нефтехимического синтеза. Порядок разработки Технического регламента.

### 3.5 Задания для выполнения курсовых работ на 4 курсе (2 семестр)

Все индивидуальные задания связаны с моделированием коэффициентов активности компонентов бинарных систем с использованием эмпирических, полуэмпирических уравнений и теоретических методов. Каждое индивидуальное задание состоит в следующем: Провести проверку термодинамической согласованности экспериментальных данных о равновесии жидкость – пар для бинарной системы ... методом Редлиха–Кистера при температуре ... Рассчитать константы уравнений Редлиха–Кистера, Маргулеса, ВанЛаара, Вильсона и определить, какое уравнение лучше использовать для аппроксимации данных, построив зависимости  $\ln \gamma_1 = f(x_1)$  по экспериментальным и расчетным значениям  $\gamma_1$ . Рассчитать коэффициенты активности компонентов при  $x_1 = \dots$  (выделенные жирным шрифтом значения  $x_1$  в следующих таблицах) методом UNIFAC.

Экспериментальные данные о равновесии жидкость – пар в бинарных системах для выполнения индивидуальных заданий:

1. Бензол (1) – диметилсульфоксид (2) при 25°C

$X_1$ , % мол.	$Y_1$ , % мол.	P, мм рт.ст.
10	97.91	26.30
20	98.83	43.05
30	99.15	55.10
40	99.31	63.30
50	99.42	69.50
60	99.50	74.35
70	99.58	79.40
80	99.67	84.25
90	99.78	89.03
100	100.00	94.90

2. Бензол (1) – диметилсульфоксид (2) при 40°C

X <sub>1</sub> , % мол.	Y <sub>1</sub> , % мол.	P, мм рт.ст.
0	0	1.656
10	96.94	48.80
20	98.33	80.30
30	98.76	103.0
40	99.00	119.1
50	99.17	132.15
60	99.30	143.4
70	99.41	151.9
80	99.52	160.7
90	99.67	169.8
100	100.00	181.1

3. Бензол (1) – диметилсульфоксид (2) при 55°C

X <sub>1</sub> , % мол.	Y <sub>1</sub> , % мол.	P, мм рт.ст.
0	0	4.102
10	95.60	84.8
20	97.55	140.0
30	98.27	181.85
40	98.61	211.2
50	98.87	235.4
60	99.05	255.4
70	99.21	272.1
80	99.36	279.9
90	99.57	305.4
100	100.00	326.7

4. Бензол (1) – диметилсульфоксид (2) при 70°C

X <sub>1</sub> , % мол.	Y <sub>1</sub> , % мол.	P, мм рт.ст.
0	0	9.35
10	93.98	142.2
20	96.64	231.6
30	97.63	302.1
40	98.13	351.4
50	98.46	392.1
60	98.73	427.3
70	98.94	455.6
80	99.15	482.7
90	99.44	512.7
100	100.00	547.4

5. Бензол (1) – бутанол-1 (2) при 45°C

X <sub>1</sub> , % мол.	Y <sub>1</sub> , % мол.	P, мм рт.ст.
17.94	81.07	114.04
29.28	86.89	148.84
39.97	89.46	171.29
50.85	91.15	187.62
59.96	92.21	197.33
69.93	93.16	205.68
80.14	94.21	212.80
90.26	95.68	218.90
94.62	96.77	221.29

6. Диметилформамид (1) – бензол (2) при 30°C

X <sub>1</sub> , % мол.	Y <sub>1</sub> , % мол.	P, кПа
5.76	0.55	15.13
7.76	0.71	14.91
13.56	1.13	14.33
28.68	2.11	12.63
44.58	3.41	10.69
49.84	3.99	9.92
64.45	6.36	7.75
70.87	8.01	6.63
72.60	8.56	6.34
85.69	15.87	3.92
89.48	20.44	3.14
90.78	22.65	2.93

7. Диметилформамид (1) – бензол (2) при 50°C

X <sub>1</sub> , % мол.	Y <sub>1</sub> , % мол.	P, кПа
7.42	0.87	33.69
10.10	1.13	33.32
17.02	1.75	31.68
30.89	2.94	28.18
46.11	4.62	23.88
52.03	5.51	22.00
69.95	9.88	15.77
72.00	10.65	14.96
73.14	11.13	14.47
89.49	20.77	8.91
90.50	27.21	7.13
92.79	32.96	6.01

8. Толуол (1) – анилин (2) при 80°C

X <sub>1</sub> , % мол.	Y <sub>1</sub> , % мол.	P, мм рт.ст.
10.15	77.22	72.39
19.83	86.40	111.53
28.45	89.89	139.31
40.68	92.71	170.03
50.35	94.14	190.81
58.45	95.17	206.93
69.70	96.395	228.29
69.55	96.399	228.26
79.20	97.38	245.54
90.28	98.66	268.72

## 9. Толуол (1) – анилин (2) при 90°C

X <sub>1</sub> , % мол.	Y <sub>1</sub> , % мол.	P, мм рт.ст.
10.18	73.91	102.76
19.88	84.25	155.91
28.90	88.52	195.50
40.35	91.49	236.50
49.55	93.12	264.13
59.00	94.50	290.43
69.35	95.833	318.60
79.80	97.12	34.6.27
90.34	98.503	375.89
95.25	99.235	390.80

## 10. Пропионитрил (1) – этилбензол (2) при 40°C

X <sub>1</sub> , % мол.	Y <sub>1</sub> , % мол.	P, кПа
0	0	2.955
10	49.66	5.384
20	63.92	6.920
30	71.48	8.044
40	76.47	8.923
50	80.36	9.649
60	83.90	10.312
70	87.34	10.932
80	90.88	11.516
90	94.89	12.072
100	100.00	12.617

## 11. Пропионитрил (1) – этилбензол (2) при 80°C

X <sub>1</sub> , % мол.	Y <sub>1</sub> , % мол.	P, кПа
0	0	16.907
10	42.76	27.170
20	57.42	33.734
30	65.87	38.677
40	71.81	42.653
50	76.56	45.994
60	80.82	48.974
70	84.94	51.689
80	89.20	54.193
90	94.01	56.509
100	100.00	58.567

## 12. Пропионитрил (1) – этилбензол (2) при 120°C

X <sub>1</sub> , % мол.	Y <sub>1</sub> , % мол.	P, кПа
0	0	64.436
10	36.95	94.602
20	51.76	114.586
30	60.88	129.965
40	67.57	142.591
50	73.03	153.283
60	77.96	162.715
70	82.74	171.197
80	87.79	178.974
90	93.37	186.090
100	100.00	192.063

## 13. Диэтиловый эфир (1) – ацетон (2) при 20°C

X <sub>1</sub> , % мол.	Y <sub>1</sub> , % мол.	P, мм рт.ст.
0.41	0.98	185.9
2.10	7.84	196.8
6.42	20.90	221.3
6.83	21.68	222.8
11.17	31.29	247.6
15.84	40.89	271.6
33.38	59.51	334.0
38.79	63.89	351.2
54.30	72.83	387.0
75.10	83.32	420.7
87.29	90.41	435.9
94.80	95.57	441.8

## 14. Диэтиловый эфир (1) – ацетон (2) при 30°C

X <sub>1</sub> , % мол.	Y <sub>1</sub> , % мол.	P, мм рт.ст.
2.01	6.98	297.4
4.72	16.96	326.0
6.63	21.01	337.8
16.19	40.66	409.6
29.53	55.45	479.7
34.93	59.97	502.7
50.42	69.96	557.8
65.46	77.82	597.0
74.91	82.70	616.9
86.73	89.60	637.0
93.13	96.62	645.3

## 15. Ацетон (1) – этанол (2) при 40°C

X <sub>1</sub> , % мол.	Y <sub>1</sub> , % мол.	P, мм рт.ст.
2.50	14.35	152.2
5.00	24.60	168.5
7.50	32.05	183.3
10.00	37.95	197.4
15.00	47.00	223.3
20.00	53.80	244.9
25.00	59.00	263.9
30.00	63.10	280.6
40.00	69.40	309.0
50.00	74.70	334.0
60.00	79.50	355.6
70.00	84.30	375.1
80.00	89.30	393.0
90.0	94.50	409.4

16. Диметилформамид (1) – пентанол -1 (2) при 10°C

X <sub>1</sub> , % мол.	Y <sub>1</sub> , % мол.	P, кПа
9.8	6.5	22.77
20.1	14.8	21.95
29.6	23.6	21.23
38.4	32.6	20.69
50.5	45.8	20.01
60.2	56.6	19.68
70.4	67.8	19.47
79.7	77.8	19.15
89.5	88.3	18.99

17. Диметилформамид (1) – ацетон (2) при 20°C

X <sub>1</sub> , % мол.	Y <sub>1</sub> , % мол.	P, кПа
3.1	0.1	23.89
9.6	0.2	22.37
15.4	0.3	21.20
19.3	0.4	20.24
29.2	0.7	18.01
34.0	0.8	16.73
36.0	0.9	16.12
37.6	0.9	15.69
46.1	1.3	14.29
46.8	1.3	13.83
52.1	1.6	12.91
56.0	1.8	11.91
62.9	2.3	10.22
64.0	2.4	9.89
66.0	2.6	9.39
71.2	3.3	8.15
78.1	4.6	6.43
84.5	6.7	4.53
85.8	7.4	4.26
86.6	7.9	4.07
88.4	9.1	3.71
91.9	13.0	2.62

## 18. Диметилформамид (1) – ацетон (2) при 40°C

X <sub>1</sub> , % мол.	Y <sub>1</sub> , % мол.	P, кПа
3.1	0.1	54.69
9.6	0.3	51.17
15.4	0.5	47.87
19.3	0.6	45.73
29.2	1.0	40.53
34.0	1.2	38.20
36.0	1.3	36.87
37.6	1.4	35.89
46.1	1.9	32.60
46.8	1.9	32.11
52.1	2.3	29.39
56.0	2.6	27.13
62.9	3.4	23.43
64.0	3.5	22.75
66.0	3.8	21.33
71.2	4.7	18.52
78.1	6.6	14.64
84.5	9.6	11.70
85.8	10.5	9.99
86.6	11.2	9.59
88.4	12.9	8.24
91.9	18.2	6.24

## 19. Диметилформамид (1) – этиленгликоль (2) при 100°C

X <sub>1</sub> , % мол.	Y <sub>1</sub> , % мол.	P, кПа
10.4	54.5	4.3
20.1	70.9	5.8
32.5	81.4	7.9
41.2	86.1	9.1
48.1	88.9	10.6
59.3	92.5	12.2
79.9	97.0	15.3
89.8	98.6	17.0

## 20. Диметилформамид (1) – анилин (2) при 105°C

X <sub>1</sub> , % мол.	Y <sub>1</sub> , % мол.	P, кПа
10.0	13.14	7.80
18.0	27.30	7.84.
31.6	53.68	9.60
41.8	70.30	11.15
52.5	82.57	13.89
59.0	87.63	16.04
71.1	93.85	19.41
8.5	96.18	21.13
89.7	98.53	23.77

21. *o*-Ксилол (1) – метилцеллозольв (2) при 35°C

X <sub>1</sub> , % мол.	Y <sub>1</sub> , % мол.	P, кПа
12.0	19.2	3.00
21.0	26.5	3.05
31.0	31.5	3.08
41.5	36.5	3.07
50.0	39.0	3.05
60.6	42.0	4.00
70.2	45.0	2.93
79.1	49.3	2.80
89.1	59.0	2.44

22. *o*-Ксилол (1) – этилцеллозольв (2) при 35°C

X <sub>1</sub> , % мол.	Y <sub>1</sub> , % мол.	P, кПа
5.00	15.30	1.80
10.00	19.10	1.81
15.00	21.27	1.87
20.00	23.50	1.88
30.00	28.40	1.88
40.00	33.89	1.85
50.00	40.32	1.81
59.30	47.37	1.76
70.00	57.13	1.67
80.00	68.34	1.59
87.52	78.51	1.51
95.00	90.58	1.41

23. *o*-Ксилол (1) – диметилформамид (2) при 35°C

X <sub>1</sub> , % мол.	Y <sub>1</sub> , % мол.	P, кПа
10	21.64	1.225
20	35.43	1.346
30	45.34	1.436
40	53.21	1.503
50	59.99	1.552
60	66.37	1.587
70	72.85	1.610
80	80.01	1.617
90	88.63	1.607

24. Диметилловый эфир диэтиленгликоля (1) – *o*-ксилол (2) при 35°C

X <sub>1</sub> , % мол.	Y <sub>1</sub> , % мол.	P, кПа
10	19.75	0.713
20	36.37	0.796
30	50.23	0.883
40	61.74	0.976
50	71.30	1.071
60	79.25	1.169
70	85.87	1.269
80	91.41	1.370
90	96.07	1.471

25. Диметилловый эфир диэтиленгликоля (1) – н-октан (2) при 35°C

X <sub>1</sub> , % мол.	Y <sub>1</sub> , % мол.	P, кПа
10	40.19	0.959
20	59.23	1.259
30	70.49	1.537
40	78.05	1.799
50	83.58	2.047
60	87.90	2.284
70	91.47	2.514
80	94.56	2.741
90	97.36	2.969

26. о-Ксилол (1) – н-октан (2) при 35°C

X <sub>1</sub> , % мол.	Y <sub>1</sub> , % мол.	P, кПа
5.00	2.80	3.133
10.00	5.68	3.066
15.00	8.66	2.986
20.00	11.74	2.920
31.58	19.33	2.746
33.40	20.59	2.720
40.00	25.34	2.613
50.38	33.49	2.520
60.00	42.00	2.306
70.62	52.88	2.133
80.00	64.38	1.973
89.09	78.08	1.800
95.00	88.95	1.680

27. Монометилловый эфир диэтиленгликоля (1) – н-октан (2) при 75°C

X <sub>1</sub> , % мол.	Y <sub>1</sub> , % мол.	P, кПа
3.72	14.32	21.49
5.48	18.13	22.24
12.67	26.23	24.00
20.00	29.78	24.66
31.59	32.44	25.04
40.00	33.80	24.93
60.00	36.58	24.40
74.16	39.61	23.46
85.00	45.63	21.26
90.00	50.84	19.60
95.0	61.57	16.73

28. Фенол (1) – этиленгликоль(2) при 45°C

X <sub>1</sub> , % мол.	Y <sub>1</sub> , % мол.	P, кПа
10	4.06	0.69
20	11.38	0.64
30	37.04	0.69
40	62.31	0.83
50	79.50	1.06
60	89.32	1.43
70	94.60	1.62
80	97.40	1.91
90	98.97	2.19

### 3.6 Контрольные вопросы для проведения промежуточной аттестации на экзамене на 4 курсе (2 семестр)

- 82 Классификация процессов разделения и очистки органических веществ.
- 83 Межмолекулярные взаимодействия в растворах неэлектролитов. Концентрационные зависимости коэффициентов активности компонентов раствора.
- 84 Эмпирические уравнения Маргулеса, Ван-Лаара, Редлиха-Кистера. Полуэмпирические уравнения, основанные на концепции локальных составов (Вильсона, NRNL, UNIQUAC).
- 85 Теория регулярных растворов Скотчарда-Гильдебранда и ее дальнейшее развитие. Групповые модели раствора UNIFAC и ASOG. Расчет коэффициентов активности с использованием уравнения состояния.
- 86 Экспериментальные методы определения коэффициентов активности. Зависимость коэффициентов активности компонентов от температуры.
- 87 Селективность растворителей по отношению к разделяемым компонентам.
- 88 Зависимость коэффициентов активности углеводов в растворителях от строения углеводов.
- 89 Зависимость селективности и растворяющей способности от химического строения растворителей. Использование принципа линейности свободных энергий для оценки селективности растворителей.
- 90 Донорные и акцепторные числа растворителей.
- 91 Параметр Димрота-Райхардта  $E_t30$ .
- 92 Условие образования азеотропов и вытекающие из него следствия.
- 93 Требования к азеотропобразующим компонентам. Преимущества и недостатки азеотропной ректификации.
- 94 Анализ структуры диаграмм парожидкостного равновесия.
- 95 Расчет колонн азеотропной ректификации.
- 96 Требования к растворителям для экстрактивной ректификации. Применение процесса экстрактивной ректификации. Расчет колонн экстрактивной ректификации.
- 97 Применение процесса абсорбции в нефтепереработке и промышленности основного органического синтеза. Неселективные и селективные абсорбенты, хемосорбция.
- 98 Принципиальная схема абсорбционно-десорбционной установки.
- 99 Понятие об относительных концентрациях компонентов в газовой и жидкой фазе, удельном расходе абсорбента и факторах абсорбции.
- 100 Расчет процесса абсорбции с помощью диаграммы У-Х. Уравнение и график Кремсе-ра. Составление материального и теплового баланса абсорбера.
- 101 Типы абсорберов и десорберов.
- 102 Применение процесса экстракции в нефтепереработке и промышленности основного органического синтеза. Требования к экстрагентам.
- 103 Сравнительная характеристика процессов разделения с использованием селективных растворителей.
- 104 Свойства треугольной диаграммы. Методы построения бинодальных кривых и нод. Коэффициенты распределения и разделения.
- 105 Составление материального баланса экстрактора.
- 106 Расчет колонного экстрактора с ситчатыми тарелками – диаметра экстрактора, расстояния между тарелками, высоты рабочей части, разделительной камеры и сливного устройства.
- 107 Распылительные, насадочные, пульсационные, вибрационные колонные экстракторы. Роторно-кольцевые и роторно-дисковые экстракторы.
- 108 Особенности и возможности суперкритической экстракции.

- 109 Применение адсорбции в нефтепереработке и промышленности основного органического синтеза. Полярные и неполярные адсорбенты с неоднородной пористостью.
- 110 Природные и синтетические цеолиты, их кристаллическая структура и молекулярно-ситовые свойства.
- 111 Схемы адсорбционных установок периодического и непрерывного действия.
- 112 Построение изотермы адсорбции. Материальный баланс адсорбера. Расчет адсорберов с движущимся слоем адсорбента.
- 113 Применение процессов кристаллизации, экстрактивной и аддуктивной кристаллизации в нефтепереработке и промышленности основного органического синтеза.
- 114 Депарафинизация масляных фракций с использованием селективных растворителей.
- 115 Карбамидная депарафинизация. Клатратные соединения с полостями в кристаллической решетке в виде клеток.
- 116 Применение диффузии через мембраны и термодиффузии. Понятие о проницаемости мембраны и факторах разделения.
- 117 Металлические и металлосодержащие мембраны для извлечения водорода из промышленных газов. Конструкции мембранных аппаратов.
- 118 Термодиффузионные колонны, методы повышения их эффективности.
- 119 Химические методы выделения и очистки ароматических углеводородов, алкенов, алкадиенов, алкинов.
- 120 Методы выделения и очистки гетероатомных соединений кислотного и основного характера из нефтепродуктов.
- 121 Применение химических методов разделения и очистки в промышленности основного органического синтеза.
- 122 Стандартные образцы. Классификация стандартных образцов. Поверка и калибровка средств измерений. Погрешность измерения.

#### **4 Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2014. КС УКВД. Порядок проведения зачетов и экзаменов.

Промежуточная аттестация проводится в виде защиты курсовых работ и в форме экзаменов. Шкала оценивания для курсовых работ и экзаменов – балльная.