

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Заболотный, Глеб Иванович

Должность: Директор филиала

Дата подписания: 23.06.2023 16:11:56

Уникальный программный ключ:

476db7d4accb36ef8130172be235477473d63457266ce26b7e9e40f733b8b08

**МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ**

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«Самарский государственный технический университет»**

(ФГБОУ ВО «СамГТУ»)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор филиала ФГБОУ ВО  
"СамГТУ" в г. Новокуйбышевске

\_\_\_\_\_ / Г.И. Заболотни

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### Б1.В.02 «Современные технологии массообменных и абсорбционных процессов в химической технологии»

<b>Код и направление подготовки (специальность)</b>	18.04.01 Химическая технология
<b>Направленность (профиль)</b>	Технология химических производств
<b>Квалификация</b>	Магистр
<b>Форма обучения</b>	Очно-Заочная
<b>Год начала подготовки</b>	2021
<b>Институт / факультет</b>	Кафедры филиала ФГБОУ ВО "СамГТУ" в г. Новокуйбышевске
<b>Выпускающая кафедра</b>	кафедра "Химия и химическая технология" (НФ-ХТ)
<b>Кафедра-разработчик</b>	кафедра "Химия и химическая технология" (НФ-ХТ)
<b>Объем дисциплины, ч. / з.е.</b>	288 / 8
<b>Форма контроля (промежуточная аттестация)</b>	Зачет, Экзамен

**Б1.В.02 «Современные технологии массообменных и абсорбционных процессов в химической технологии»**

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) **18.04.01 Химическая технология**, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от № 910 от 07.08.2020 и соответствующего учебного плана.

Разработчик РПД:

Доцент, кандидат химических наук

---

(должность, степень, ученое звание)

О.В. Хабибрахманова

---

(ФИО)

Заведующий кафедрой

О.В. Хабибрахманова,  
кандидат химических наук

---

(ФИО, степень, ученое звание)

**СОГЛАСОВАНО:**

Председатель методического совета факультета / института (или учебно-методической комиссии)

О.В. Хабибрахманова,  
кандидат химических наук

---

(ФИО, степень, ученое звание)

Руководитель образовательной программы

О.В. Хабибрахманова,  
кандидат химических наук

---

(ФИО, степень, ученое звание)

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы .....	4
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы .....	5
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся .....	5
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий .....	6
4.1 Содержание лекционных занятий .....	6
4.2 Содержание лабораторных занятий .....	7
4.3 Содержание практических занятий .....	8
4.4. Содержание самостоятельной работы .....	10
5. Перечень учебной литературы и учебно-методического обеспечения по дисциплине (модулю) .....	11
6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения .....	12
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», профессиональных баз данных, информационно-справочных систем .....	12
8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю) .....	13
9. Методические материалы .....	14
10. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) .....	16

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю),  
соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной  
программы**

Наименование категории (группы) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (знать, уметь, владеть, соотнесенные с индикаторами достижения компетенции)
Профессиональные компетенции			
Не предусмотрено	ПК-4 Способен осуществлять обеспечение и контроль соблюдения технологии производства	ПК-4.1 Осуществляет оперативный контроль соответствия вырабатываемых установками компонентов, сырья и товарной продукции требованиям нормативно-технической документации	Владеть навыками в области проведения контроля качества продуктов массообменных и абсорбционных технологических процессов в химической промышленности
		Знать методы проведения оперативного контроля соответствия вырабатываемых установками массообменных и абсорбционных процессов компонентов, сырья и товарной продукции требованиям нормативно-технической документации	
		Уметь выбирать оптимальный метод анализа продукции	
		ПК-4.3 Контролирует выполнение технологических регламентов производственных объектов	Владеть навыками контроля выполнения требований технологического регламента
		Знать требования технологических регламентов и методы их обеспечения	
		Уметь осуществлять контроль технологических параметров процесса на соответствие их технологическому регламенту	
		ПК-4.4 Повышает эффективность работы организации на основе внедрения новой техники и технологии	Владеть навыками осуществления работ по модернизации производства

			Знать современные методы повышения эффективности массообменных и абсорбционных процессов химической технологии
			Уметь разрабатывать предложения по внедрению новой техники и технологии по увеличению эффективности массообменных и абсорбционных процессов химической технологии

## 2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы: **часть, формируемая участниками образовательных отношений**

Код компетенции	Предшествующие дисциплины	Параллельно осваиваемые дисциплины	Последующие дисциплины
ПК-4		Современные методы контроля качества продуктов основного органического и нефтехимического синтеза	Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы; Катализ и катализаторы в химической технологии; Производственная практика: технологическая (проектно-технологическая) практика; Производственная практика: технологическая (проектно-технологическая) практика; Процессы гетерогенного катализа в процессах переработки нефти и органического синтеза; Химия и технология получения спецпродуктов нефтепереработки и нефтехимии

## 3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Вид учебной работы	Всего часов / часов в электронной форме	1 семестр часов / часов в электронной форме	2 семестр часов / часов в электронной форме
<b>Аудиторная контактная работа (всего), в том числе:</b>	56	20	36
Лабораторные работы	8	4	4
Лекции	16	8	8

Практические занятия	32	8	24
<b>Самостоятельная работа (всего),</b> в том числе:	196	88	108
подготовка к зачету	8	8	0
подготовка к лабораторным работам	16	8	8
подготовка к практическим занятиям	48	20	28
составление конспектов	112	52	60
подготовка к экзамену	12	0	12
<b>Контроль</b>	36	0	36
<b>Итого: час</b>	288	108	180
<b>Итого: з.е.</b>	8	3	5

#### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, часы				
		ЛЗ	ЛР	ПЗ	СРС	Всего часов
1	Теоретические основы процессов массопереноса	4	0	4	48	56
2	Массообменные процессы	8	8	20	98	134
3	Абсорбционные процессы	4	0	8	50	62
	<b>Контроль</b>	0	0	0	0	36
	<b>Итого</b>	16	8	32	196	288

#### 4.1 Содержание лекционных занятий

№ занятия	Наименование раздела	Тема лекции	Содержание лекции (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	Количество часов / часов в электронной форме
<b>1 семестр</b>				
1	Теоретические основы процессов массопереноса	Введение	Общее понятие о массообменных процессах. Общая классификация массообменных процессов: сорбция, экстракция, ректификация, сушка, растворение и кристаллизация. Основное уравнение массопередачи. Линия равновесия. Рабочая линия процесса	2

2	Теоретические основы процессов массопереноса	Законы Фика. Движущая сила массообменных процессов	Дифференциальное уравнение молекулярной диффузии (второй закон Фика). Движущая сила массообменных процессов. Число единиц переноса. Высота единиц переноса. Связь коэффициента массопередачи с коэффициентами массоотдачи. Критерии подобия в массообменных процессах	2
3	Массообменные процессы	Основные законы массообмена	Роль массообменных процессов в нефтепереработке и нефтехимии. Способы выражения состава фаз. Основные законы массообмена. Материальный баланс массообменного процесса. Уравнение рабочей линии.	2
4	Массообменные процессы	Правило фаз	Число теоретических тарелок. Массообмен в системах с твердой фазой. Правило фаз и его применение к процессам массообмена. Сущность процессов испарения и конденсации	2
<b>Итого за семестр:</b>				<b>8</b>
<b>2 семестр</b>				
5	Массообменные процессы	Перегонка жидкости	Сущность процесса перегонки. Дистилляция. Ректификация Сущность процесса ректификации двухкомпонентных смесей.	2
6	Массообменные процессы	Ректификация в химической технологии	Принципиальное устройство ректификационной колонны. Материальный баланс ректификационной колонны. Тепловой баланс колонны. Влияние технологических параметров на работу колонны. Азеотропная и экстрактивная ректификация.	2
7	Абсорбционные процессы	Основы процесса абсорбции	Физическая сущность процесса абсорбции. Физико-химические основы процесса абсорбции. Основные факторы, влияющие на процессы абсорбции и десорбции. Конструкции абсорберов	2
8	Абсорбционные процессы	Абсорбционные установки	Применение процессов абсорбции в химической технологии. Принципиальные схемы абсорбционных установок	2
<b>Итого за семестр:</b>				<b>8</b>
<b>Итого:</b>				<b>16</b>

#### 4.2 Содержание лабораторных занятий

№ занятия	Наименование раздела	Тема лабораторного занятия	Содержание лабораторного занятия (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	Количество часов / часов в электронной форме
-----------	----------------------	----------------------------	--	--

<b>1 семестр</b>				
1	Массообменные процессы	Физико-химические основы разделения жидких смесей	Ректификация. Непрерывная ректификация бинарных смесей. Устройство ректификационных колонн. Основные характеристики.	2
2	Массообменные процессы	Физико-химические основы разделения жидких смесей	Уравнения расчета ректификационных процессов. Построение рабочих линий для укрепляющей и исчерпывающей частей ректификационной колонны	2
<b>Итого за семестр:</b>				<b>4</b>
<b>2 семестр</b>				
3	Массообменные процессы	Перегонка двух взаимно нерастворимых жидкостей	Законы Рауля и Дальтона. Законы Коновалова и Вревского. Принципы перегонки бинарных жидкостей	2
4	Массообменные процессы	Перегонка двух взаимно нерастворимых жидкостей	Типовые схемы установки непрерывной ректификации бинарной смеси	2
<b>Итого за семестр:</b>				<b>4</b>
<b>Итого:</b>				<b>8</b>

#### 4.3 Содержание практических занятий

<b>№ занятия</b>	<b>Наименование раздела</b>	<b>Тема практического занятия</b>	<b>Содержание практического занятия</b> (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	<b>Количество часов / часов в электронной форме</b>
<b>1 семестр</b>				
1	Теоретические основы процессов массопереноса	Способы выражения состава фаз	Общее понятие о массообменных процессах. Способы выражения состава фаз: мольные, массовые, относительно мольные, относительно массовые, объемные мольные, объемные массовые концентрации.	2
2	Теоретические основы процессов массопереноса	Способы выражения состава фаз	Пересчет состава фаз. Состояние равновесия при массообмене	2
3	Массообменные процессы	Характеристика массообменных процессов	Молекулярная диффузия. Процесс массопереноса между фазами. Основные стадии процесса массопереноса и их движущие силы	2
4	Массообменные процессы	Характеристика массообменных процессов	Основные кинетические уравнения процессов массообмена	2
<b>Итого за семестр:</b>				<b>8</b>
<b>2 семестр</b>				



5	Массообменные процессы	Исследование процесса непрерывной ректификации	Основные характеристики процесса ректификации. Основные характеристики сырья и продуктов.	2
6	Массообменные процессы	Исследование процесса непрерывной ректификации	Технологическая схема процесса простой непрерывной перегонки	2
7	Массообменные процессы	Исследование процесса непрерывной ректификации	Различные способы выражения состава смесей. Равновесие в системах пар – жидкость.	2
8	Массообменные процессы	Исследование процесса непрерывной ректификации	Технологическая схема процесса перегонки с дефлегмацией. Простая и фракционная перегонка	2
9	Массообменные процессы	Изучение основных методов расчета высоты массообменных аппаратов	Основные методы расчета высоты массообменных аппаратов	2
10	Массообменные процессы	Изучение основных методов расчета высоты массообменных аппаратов	Равновесие массообменных систем. Основы расчета массообменных аппаратов	2
11	Массообменные процессы	Изучение основных методов расчета высоты массообменных аппаратов	Определение общего числа единиц переноса. Определение высоты и диаметра массообменного аппарата	2
12	Массообменные процессы	Изучение основных методов расчета высоты массообменных аппаратов	Определение общего числа единиц переноса. Определение высоты и диаметра массообменного аппарата	2
13	Абсорбционные процессы	Сорбционные процессы	Сорбционные процессы. Материальный и тепловой балансы абсорбции. Степень поглощения.	2
14	Абсорбционные процессы	Сорбционные процессы	Минимальный и оптимальный расход абсорбента. Уравнение материального баланса и расчет адсорбционной аппаратуры	2
15	Абсорбционные процессы	Применение процессов абсорбции в химической технологии	Физико-химические основы процесса абсорбции. Материальный баланс абсорбции и построение рабочей линии.	2

16	Абсорбционные процессы	Применение процессов абсорбции в химической технологии	Классификация абсорберов. Способы промышленной организации абсорбционных процессов.	2
<b>Итого за семестр:</b>				<b>24</b>
<b>Итого:</b>				<b>32</b>

#### 4.4. Содержание самостоятельной работы

Наименование раздела	Вид самостоятельной работы	Содержание самостоятельной работы (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	Количество часов
<b>1 семестр</b>			
Теоретические основы процессов массопереноса	Самостоятельное изучение материала	Конспектирование основной и дополнительной литературы по темам: Роль массообменных и сорбционных процессов в нефтепереработке и нефтехимии. Классификация процессов массопередачи со свободной границей раздела фаз. Первый закон Фика. Кинетика массопередачи. Сущность процессов испарения и конденсации. Подготовка к зачету по вопросам раздела	44
Теоретические основы процессов массопереноса	Подготовка к практическим занятиям	Изучение теоретического материала по теме проведения практических занятий, оформление отчета	4
Массообменные процессы	Самостоятельное изучение материала	Конспектирование основной и дополнительной литературы по темам: Материальный баланс массообменного процесса. Уравнение рабочей линии. Число теоретических тарелок. Подготовка к зачету по вопросам раздела Массообмен в системах с твердой фазой. Правило фаз и его применение к процессам массообмена	16
Массообменные процессы	Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам	Изучение теоретического материала по теме проведения практических занятий или лабораторных работ, оформление отчета	16
<b>Итого за семестр:</b>			<b>80</b>
<b>2 семестр</b>			

Массообменные процессы	Самостоятельное изучение материала	Конспектирование основной и дополнительной литературы по темам: Сущность процесса перегонки. Дистилляция. Ректификация. Сущность процесса ректификации двухкомпонентных смесей. Принципиальное устройство ректификационной колонны. Азеотропная и экстрактивная ректификация Подготовка к экзамену по вопросам раздела	38
Массообменные процессы	Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам	Изучение теоретического материала по теме проведения практических занятий или лабораторных работ, оформление отчета	28
Абсорбционные процессы	Самостоятельное изучение материала	Конспектирование основной и дополнительной литературы по темам: Физическая сущность процесса абсорбции. Принципиальные схемы абсорбционных установок. Основные факторы, влияющие на процессы абсорбции и десорбции. Конструкции абсорберов. Подготовка к экзамену по вопросам раздела	42
Абсорбционные процессы	Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам	Изучение теоретического материала по теме проведения практических занятий или лабораторных работ, оформление отчета	8
<b>Итого за семестр:</b>			<b>116</b>
<b>Итого:</b>			<b>196</b>

### 5. Перечень учебной литературы и учебно-методического обеспечения по дисциплине (модулю)

№ п/п	Библиографическое описание	Ресурс НТБ СамГТУ (ЭБС СамГТУ, IPRbooks и т.д.)
Основная литература		
1	Массообменные процессы химической технологии; ХИМИЗДАТ, 2017. - Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/67361.html">http://www.iprbookshop.ru/67361.html</a>	Электронный ресурс
2	Основы массопередачи : курс лекций / Самар.гос.техн.ун-т, Химическая технология и промышленная экология; сост. Л. М. Журавлева.- Самара, 2016.- 94 с.- Режим доступа: <a href="https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu  elib  2554">https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu  elib  2554</a>	Электронный ресурс
3	Процессы и аппараты химической технологии. Ч.3. Массообменные процессы и аппараты; Амурский государственный университет, 2020.- Режим доступа: <a href="https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu  iprbooks  103908">https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu  iprbooks  103908</a>	Электронный ресурс

4	Расчет ректификационных колонн установок перегонки нефти; Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2017.- Режим доступа: <a href="https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu  iprbooks  79495">https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu  iprbooks  79495</a>	Электронный ресурс
5	Филиппов, В.В. Процессы и аппараты химической технологии : справочник / В. В. Филиппов, В. Д. Измайлов; Самарский государственный технический университет, Химическая технология и промышленная экология .- 2-е изд., испр. и доп..- Самара, 2021.- 54 с..- Режим доступа: <a href="https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu  elib  5338">https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu  elib  5338</a>	Электронный ресурс
<b>Дополнительная литература</b>		
6	Исследование и разработка методов расчета ректификационных колонн химических производств; Северо-Кавказский федеральный университет, 2014.- Режим доступа: <a href="https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu  iprbooks  63209">https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu  iprbooks  63209</a>	Электронный ресурс
7	Оборудование производств нефтепереработки и нефтехимии : учеб.пособие / Самар.гос.техн.ун-т, Технология органического и нефтеорганического синтеза; сост. И. Л. Глазко.- Самара, 2014.- 55 с..- Режим доступа: <a href="https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu  elib  2143">https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu  elib  2143</a>	Электронный ресурс
8	Расчет тепломассообменного оборудования; Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, ЭБС АСВ, 2015.- Режим доступа: <a href="https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu  iprbooks  76509">https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu  iprbooks  76509</a>	Электронный ресурс

Доступ обучающихся к ЭР НТБ СамГТУ ([elib.samgtu.ru](http://elib.samgtu.ru)) осуществляется посредством электронной информационной образовательной среды университета и сайта НТБ СамГТУ по логину и паролю.

## **6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения**

При проведении лекционных занятий используется мультимедийное оборудование.

Организовано взаимодействие обучающегося и преподавателя с использованием электронной ин-формационной образовательной среды университета.

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование</b>	<b>Производитель</b>	<b>Способ распространения</b>
1	Microsoft Windows 8.1 Professional операционная система	Microsoft (Зарубежный)	Лицензионное
2	Microsoft Office 2013	Microsoft (Зарубежный)	Лицензионное
3	Программное обеспечение «Антиплагиат.Эксперт»	АО «Антиплагиат» (Отечественный)	Лицензионное
4	Антивирус Kaspersky EndPoint Security	«Лаборатории Касперского» (Отечественный)	Лицензионное

## **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», профессиональных баз данных, информационно-справочных систем**

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование</b>	<b>Краткое описание</b>	<b>Режим доступа</b>
--------------	---------------------	-------------------------	----------------------

1	Scopus - база данных рефератов и цитирования	<a href="http://www.scopus.com/">http://www.scopus.com/</a>	Зарубежные базы данных ограниченного доступа
2	РОСПАТЕНТ	<a href="http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru">http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru</a>	Ресурсы открытого доступа
3	консультационный центр Matlab и Simulink	<a href="http://matlab.exponenta.ru">http://matlab.exponenta.ru</a>	Ресурсы открытого доступа
4	Нефтепереработка и нефтехимия. Электронная библиотека.	<a href="http://oilr.ru/">http://oilr.ru/</a>	Ресурсы открытого доступа
5	Сайт, посвященный добыче, переработке нефти и тенденциях развития нефтепереработки в РФ. Справочная, экономическая и другая информация.	<a href="http://vseonefti.ru">http://vseonefti.ru</a>	Ресурсы открытого доступа
6	Консультант плюс	<a href="http://www.consultant.ru">http://www.consultant.ru</a>	Ресурсы открытого доступа

## 8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

### Лекционные занятия

Аудитории для лекционных занятий укомплектованы мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории (наборы демонстрационного оборудования, учебно-наглядные пособия, тематические иллюстрации).

Технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории, набор демонстрационного оборудования: экран, проектор, переносной ноутбук.

Набор учебно-наглядных пособий, обеспечивающих тематические иллюстрации, соответствующие рабочим учебным программам дисциплин: комплект плакатов «Химия» 560x800 мм.

Специализированная мебель: 27 ученических парт, стол и стул для преподавателя, тумба, доска.

### Практические занятия

Аудитории для практических занятий укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения.

Технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории, набор демонстрационного оборудования: экран, проектор, переносной ноутбук.

Набор учебно-наглядных пособий, обеспечивающих тематические иллюстрации, соответствующие рабочим учебным программам дисциплин: комплект плакатов «Химия» 560x800 мм.

Специализированная мебель: 14 ученических столов, 28 ученических стульев, стол и стул для преподавателя, доска.

### Лабораторные занятия

Лаборатория №1 «Технология переработки нефти и газа»

Лаборатория оснащена оборудованием: малоинерционными трубчатыми электропечами для процессов крекинга, вакуумным насосом, температурными контроллерами и однофазными силовыми блоками для регулирования температуры в аппаратах, муфельной печью, сушильным шкафом для химической посуды, весами аналитическими, колбонагревателем, термостатом для определения давления насыщенных паров по Рейду, бомбы Рейда, термостатом для вискозиметрии, термостатом циркуляционным жидкостным, плитками электрическими, мешалками верхнеприводными,

лабораторными регуляторами напряжения, пенетрометром, прибором «Кольцо и шар», дуктилометром электромеханическим для изучения свойств битумов, аппаратом для определения фракционного состава нефтепродуктов, прибором для определения температуры вспышки в закрытом тигле, прибором для определения температуры вспышки в открытом тигле, прибором для определения условной вязкости, прибором для определения температуры застывания дизельной фракции, водяными электрическими банями, термопарой, расходомером газа цифровым, насосами перистальтическими, прибором Сокслета, прибором для определения содержания нефти ламповым методом, набором лабораторной химической посуды, штативами для сборки лабораторных установок.

### **Самостоятельная работа**

Помещение для самостоятельной работы оснащено компьютерной техникой, с возможностью подключения к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду СамГТУ и специализированной мебелью.

## **9. Методические материалы**

### **Методические рекомендации при работе на лекции**

До лекции студент должен просмотреть учебно-методическую и научную литературу по теме лекции с тем, чтобы иметь представление о проблемах, которые будут разбираться в лекции.

Перед началом лекции обучающимся сообщается тема лекции, план, вопросы, подлежащие рассмотрению, доводятся основные литературные источники. Весь учебный материал, сообщаемый преподавателем, должен не просто прослушиваться. Он должен быть активно воспринят, т.е. услышан, осмыслен, понят, зафиксирован на бумаге и закреплен в памяти. Приступая к слушанию нового учебного материала, полезно мысленно установить его связь с ранее изученным. Следя за техникой чтения лекции (акцент на существенном, повышение тона, изменение ритма, пауза и т.п.), необходимо вслед за преподавателем уметь выделять основные категории, законы и определять их содержание, проблемы, предполагать их возможные решения, доказательства и выводы. Осуществляя такую работу, можно значительно облегчить себе понимание учебного материала, его конспектирование и дальнейшее изучение.

Конспектирование лекции позволяет обработать, систематизировать и лучше сохранить полученную информацию с тем, чтобы в будущем можно было восстановить в памяти основные, содержательные моменты. Типичная ошибка, совершаемая обучающимся, дословное конспектирование речи преподавателя. Как правило, при записи «слово в слово» не остается времени на обдумывание, анализ и синтез информации. Отбирая нужную информацию, главные мысли, проблемы, решения и выводы, необходимо сокращать текст, строить его таким образом, чтобы потом можно было легко в нем разобраться. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых можно будет делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. С окончанием лекции работа над конспектом не может считаться завершённой. Нужно еще восстановить отдельные места, проверить, все ли понятно, уточнить что-то на консультации и т.п. с тем, чтобы конспект мог быть использован в процессе подготовки к практическим занятиям, зачету, экзамену. Конспект лекции – незаменимый учебный документ, необходимый для самостоятельной работы.

### **Методические рекомендации при подготовке и работе на практическом занятии**

Практические занятия по дисциплине проводятся в целях выработки практических умений и приобретения навыков в решении профессиональных задач.

Рекомендуется следующая схема подготовки к практическому занятию:

1. ознакомление с планом практического занятия, который отражает содержание предложенной темы;
2. проработка конспекта лекции;
3. чтение рекомендованной литературы;
4. подготовка ответов на вопросы плана практического занятия;
5. выполнение тестовых заданий, задач и др.

Подготовка обучающегося к практическому занятию производится по вопросам, разработанным для каждой темы практических занятий и (или) лекций. В процессе подготовки к практическим занятиям, необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной литературы.

Работа студентов во время практического занятия осуществляется на основе заданий, которые выдаются обучающимся в начале или во время занятия. На практических занятиях приветствуется активное участие в обсуждении конкретных ситуаций, способность на основе полученных знаний находить наиболее эффективные решения поставленных проблем, уметь находить полезный дополнительный материал по тематике занятий. Обучающимся необходимо обращать внимание на основные понятия, алгоритмы, определять практическую значимость рассматриваемых вопросов. На практических занятиях обучающиеся должны уметь выполнить расчет по заданным параметрам или выработать определенные решения по обозначенной проблеме. Задания могут быть групповые и индивидуальные. В зависимости от сложности предлагаемых заданий, целей занятия, общей подготовки обучающихся преподаватель может подсказать обучающимся алгоритм решения или первое действие, или указать общее направление рассуждений. Полученные результаты обсуждаются с позиций их адекватности или эффективности в рассмотренной ситуации.

## Методические рекомендации при работе на лабораторном занятии

Проведение лабораторной работы делится на две условные части: теоретическую и практическую.

Необходимыми структурными элементами занятия являются проведение лабораторной работы, проверка усвоенного материала, включающая обсуждение теоретических основ выполняемой работы.

Перед лабораторной работой, как правило, проводится технико-теоретический инструктаж по использованию необходимого оборудования. Преподаватель корректирует деятельность обучающегося в процессе выполнения работы (при необходимости). После завершения лабораторной работы подводятся итоги, обсуждаются результаты деятельности.

Возможны следующие формы организации лабораторных работ: фронтальная, групповая и индивидуальная. При фронтальной форме выполняется одна и та же работа (при этом возможны различные варианты заданий). При групповой форме работа выполняется группой (командой). При индивидуальной форме обучающимися выполняются индивидуальные работы.

По каждой лабораторной работе имеются методические указания по их выполнению, включающие необходимый теоретический и практический материал, содержащие элементы и последовательную инструкцию по проведению выбранной работы, индивидуальные варианты заданий, требования и форму отчётности по данной работе.

## Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы

Организация самостоятельной работы обучающихся ориентируется на активные методы овладения знаниями, развитие творческих способностей, переход от поточного к индивидуализированному обучению с учетом потребностей и возможностей обучающегося.

Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса.

Самостоятельная работа реализуется:

- непосредственно в процессе аудиторных занятий;
- на лекциях, практических занятиях;
- в контакте с преподавателем вне рамок расписания;
- на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.;
- в библиотеке, дома, на кафедре при выполнении обучающимся учебных и практических задач.

Эффективным средством осуществления обучающимся самостоятельной работы является

электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин (модулей), практик, к изданиям электронных библиотечных систем.

## **10. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств представлен в приложении № 1.



Приложение 1 к рабочей программе дисциплины  
Б1.В.02 «Современные технологии  
массообменных и абсорбционных процессов в  
химической технологии»

**Фонд оценочных средств  
по дисциплине**

**Б1.В.02 «Современные технологии массообменных и абсорбционных процессов в химической  
технологии»**

<b>Код и направление подготовки (специальность)</b>	18.04.01 Химическая технология
<b>Направленность (профиль)</b>	Технология химических производств
<b>Квалификация</b>	Магистр
<b>Форма обучения</b>	Очно-Заочная
<b>Год начала подготовки</b>	2021
<b>Институт / факультет</b>	Кафедры филиала ФГБОУ ВО "СамГТУ" в г. Новокуйбышевске
<b>Выпускающая кафедра</b>	кафедра "Химия и химическая технология" (НФ-ХТ)
<b>Кафедра-разработчик</b>	кафедра "Химия и химическая технология" (НФ-ХТ)
<b>Объем дисциплины, ч. / з.е.</b>	288 / 8
<b>Форма контроля (промежуточная аттестация)</b>	Зачет, Экзамен

**Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю),  
соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной  
программы**

Наименование категории (группы) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (знать, уметь, владеть, соотнесенные с индикаторами достижения компетенции)
Профессиональные компетенции			
Не предусмотрено	ПК-4 Способен осуществлять обеспечение и контроль соблюдения технологии производства	ПК-4.1 Осуществляет оперативный контроль соответствия вырабатываемых установками компонентов, сырья и товарной продукции требованиям нормативно-технической документации	Владеть навыками в области проведения контроля качества продуктов массообменных и абсорбционных технологических процессов в химической промышленности
			Знать методы проведения оперативного контроля соответствия вырабатываемых установками массообменных и абсорбционных процессов компонентов, сырья и товарной продукции требованиям нормативно-технической документации
			Уметь выбирать оптимальный метод анализа продукции
		ПК-4.3 Контролирует выполнение технологических регламентов производственных объектов	Владеть навыками контроля выполнения требований технологического регламента
			Знать требования технологических регламентов и методы их обеспечения
			Уметь осуществлять контроль технологических параметров процесса на соответствие их технологическому регламенту
		ПК-4.4 Повышает эффективность работы организации на основе внедрения новой техники и технологии	Владеть навыками осуществления работ по модернизации производства

			Знать современные методы повышения эффективности массообменных и абсорбционных процессов химической технологии
			Уметь разрабатывать предложения по внедрению новой техники и технологии по увеличению эффективности массообменных и абсорбционных процессов химической технологии

### Матрица соответствия оценочных средств запланированным результатам обучения

Код индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства	Текущий контроль успеваемости	Промежуточная аттестация
<b>Теоретические основы процессов массопереноса</b>				
ПК-4.1 Осуществляет оперативный контроль соответствия выработываемых установками компонентами, сырья и товарной продукции требованиям нормативно-технической документации	<b>Владеть</b> навыками в области проведения контроля качества продуктов массообменных и абсорбционных технологических процессов в химической промышленности	Вопросы к практическим занятиям	Да	Нет
	<b>Уметь</b> выбирать оптимальный метод анализа продукции	Вопросы к практическим занятиям	Да	Нет
	<b>Знать</b> методы проведения оперативного контроля соответствия выработываемых установками массообменных и абсорбционных процессов компонентами, сырья и товарной продукции требованиям нормативно-технической документации	Вопросы к зачету	Нет	Да
ПК-4.3 Контролирует выполнение технологических регламентов производственных объектов	<b>Знать</b> требования технологических регламентов и методы их обеспечения	Вопросы к зачету	Нет	Да
	<b>Уметь</b> осуществлять контроль технологических параметров процесса на соответствие их технологическому регламенту	Вопросы к практическим занятиям	Да	Нет
	<b>Владеть</b> навыками контроля выполнения требований технологического регламента	Вопросы к практическим занятиям	Да	Нет
ПК-4.4 Повышает эффективность работы организации на основе внедрения новой техники и технологии	<b>Уметь</b> разрабатывать предложения по внедрению новой техники и технологии по увеличению эффективности массообменных и абсорбционных процессов химической технологии	Вопросы к практическим занятиям	Да	Нет

	<b>Знать</b> современные методы повышения эффективности массообменных и абсорбционных процессов химической технологии	Вопросы к зачету	Нет	Да
	<b>Владеть</b> навыками осуществления работ по модернизации производства	Вопросы к практическим занятиям	Да	Нет
<b>Массообменные процессы</b>				
ПК-4.1 Осуществляет оперативный контроль соответствия вырабатываемых установками компонентов, сырья и товарной продукции требованиям нормативно-технической документации	<b>Уметь</b> выбирать оптимальный метод анализа продукции	Вопросы к практическим занятиям	Да	Нет
	<b>Владеть</b> навыками в области проведения контроля качества продуктов массообменных и абсорбционных технологических процессов в химической промышленности	Вопросы к практическим занятиям	Да	Нет
	<b>Знать</b> методы проведения оперативного контроля соответствия вырабатываемых установками массообменных и абсорбционных процессов компонентов, сырья и товарной продукции требованиям нормативно-технической документации	Вопросы к зачету	Нет	Да
		Вопросы к экзамену	Нет	Да
ПК-4.3 Контролирует выполнение технологических регламентов производственных объектов	<b>Знать</b> требования технологических регламентов и методы их обеспечения	Вопросы к экзамену	Нет	Да
		Вопросы к зачету	Нет	Да
	<b>Уметь</b> осуществлять контроль технологических параметров процесса на соответствие их технологическому регламенту	Вопросы к практическим занятиям	Да	Нет
	<b>Владеть</b> навыками контроля выполнения требований технологического регламента	Вопросы к практическим занятиям	Да	Нет
ПК-4.4 Повышает эффективность работы организации на основе внедрения новой техники и технологии	<b>Владеть</b> навыками осуществления работ по модернизации производства	Вопросы к практическим занятиям	Да	Нет
	<b>Знать</b> современные методы повышения эффективности массообменных и абсорбционных процессов химической технологии	Вопросы к зачету	Нет	Да
		Вопросы к экзамену	Нет	Да
<b>Уметь</b> разрабатывать предложения по внедрению новой техники и технологии по увеличению эффективности массообменных и абсорбционных процессов химической технологии	Вопросы к практическим занятиям	Да	Нет	
<b>Абсорбционные процессы</b>				

ПК-4.1 Осуществляет оперативный контроль соответствия вырабатываемых установками компонентов, сырья и товарной продукции требованиям нормативно-технической документации	<b>Владеть</b> навыками в области проведения контроля качества продуктов массообменных и абсорбционных технологических процессов в химической промышленности	Вопросы к практическим занятиям	Да	Нет
	<b>Знать</b> методы проведения оперативного контроля соответствия вырабатываемых установками массообменных и абсорбционных процессов компонентов, сырья и товарной продукции требованиям нормативно-технической документации	Вопросы к экзамену	Нет	Да
	<b>Уметь</b> выбирать оптимальный метод анализа продукции	Вопросы к практическим занятиям	Да	Нет
ПК-4.3 Контролирует выполнение технологических регламентов производственных объектов	<b>Знать</b> требования технологических регламентов и методы их обеспечения	Вопросы к экзамену	Нет	Да
	<b>Уметь</b> осуществлять контроль технологических параметров процесса на соответствие их технологическому регламенту	Вопросы к практическим занятиям	Да	Нет
	<b>Владеть</b> навыками контроля выполнения требований технологического регламента	Вопросы к практическим занятиям	Да	Нет
ПК-4.4 Повышает эффективность работы организации на основе внедрения новой техники и технологии	<b>Владеть</b> навыками осуществления работ по модернизации производства	Вопросы к практическим занятиям	Да	Нет
	<b>Уметь</b> разрабатывать предложения по внедрению новой техники и технологии по увеличению эффективности массообменных и абсорбционных процессов химической технологии	Вопросы к практическим занятиям	Да	Нет
	<b>Знать</b> современные методы повышения эффективности массообменных и абсорбционных процессов химической технологии	Вопросы к экзамену	Нет	Да

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций в ходе освоения образовательной программы.

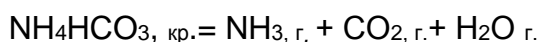
### Формы текущего контроля успеваемости

#### Семестр 1

#### Примерные вопросы к практическим занятиям

#### Практическое занятие № 1-2 «Способы выражения состава фаз. Правило фаз Гиббса»

1. Назовите необходимые и достаточные условия для протекания массообменного процесса
2. Какой процесс называется массоотдачей?
3. Сформулируйте основное кинетическое уравнение массообменных процессов
4. Как может быть выражен состав газовой и жидкой фаз?
5. Правило фаз Гиббса и его применение для двухкомпонентных систем
6. Классификация бинарных растворов
7. Определите число компонентов ( $k$ ), фаз ( $f$ ) и степеней свободы ( $s$ ) в равновесной системе



для двух вариантов условий:

- а) в исходной смеси газы были взяты в произвольных соотношениях
  - б) в исходной системе находился только чистый  $\text{NH}_4\text{HCO}_3, \text{кр.}$
8. Укажите, сколько компонентов содержат системы, получившиеся в результате смешивания водных растворов:
    - а) хлорида калия и хлорида натрия
    - б) хлорида калия и бромида натрия
  9. Определите максимальное число степеней свободы в одно-, двух- и трехкомпонентных системах при условии, что внешними параметрами, определяющими ее состояние, являются температура и давление.
  10. Вычислить константу фазового равновесия для этана при температуре  $20^\circ\text{C}$  и давлении  $20 \cdot 10^2$  кПа, если его критическая температура  $t_{\text{кр}} = 32,1^\circ\text{C}$ , критическое давление  $P_{\text{кр}} = 49 \cdot 10^2$  кПа, давление насыщенного пара  $P_{\text{н}} = 39 \times 10^2$  кПа (при  $20^\circ\text{C}$ ), плотность жидкого этана  $\rho = 350$  кг/м<sup>3</sup> (при  $20^\circ\text{C}$  и  $39 \times 10^2$  кПа).

#### Практическое занятие № 3-4 «Характеристика процессов массообмена»

1. Представьте схему процесса массопередачи между фазами, используя принцип аналогии с процессом теплопередачи, и определите основные стадии процесса массопереноса и их движущие силы.
2. Дайте классификацию и краткую характеристику процессам массообмена.
3. Определите основные способы выражения составов фаз.
4. Назовите основные задачи статики процессов массообмена и составьте возможные уравнения материальных балансов и движущих сил.
5. По каким законам можно рассчитать и построить линии равновесия в системах газ+жидкость, пар+жидкость? Каким образом можно изменять и направленно регулировать состояние равновесия?

6. Составьте возможные варианты уравнений материальных балансов массообменных процессов. Как рассчитать и построить линии рабочих концентраций фаз?
7. Определите основные задачи кинетики процессов массообмена.
8. Приведите основные кинетические уравнения процессов массообмена

### **Примерные вопросы к лабораторным работам**

#### **Лабораторная работа № 1 «Физико-химические основы разделения жидких смесей»**

1. Перечислите основные способы выражения концентрации компонентов, используемые при расчете массообменных процессов. Выведите формулы перехода от одного способа выражения концентрации к другому.
2. Что называется рабочей линией процесса? Для чего используется построение рабочей линии массообменного аппарата?
3. Запишите основное уравнение массопередачи и раскройте физико-химический смысл коэффициента пропорциональности, укажите его единицы измерения.
4. Что называется высотой и числом единиц переноса? Как рассчитываются и используются эти технологические характеристики для выбора и разработки массообменного аппарата?

### **Семестр 2**

### **Примерные вопросы к лабораторным работам**

#### **Лабораторная работа № 1 «Перегонка двух взаимно нерастворимых жидкостей»**

1. Как изменяется давление насыщенного пара компонента от температуры?
2. Сколько степеней свободы имеет система, состоящая из двух углеводородов и воды?
3. Как изменяется количество испарившегося углеводорода в испарителе при увеличении подачи водяного пара из парообразователя?
4. Как формулируется закон Дальтона?
5. Как записывается уравнение изотермы жидкой фазы для системы, состоящей из двух взаимно нерастворимых жидкостей?
6. Как изменится количество испарившегося углеводорода в сопоставимых условиях, если в опыте использовать углеводород с меньшей молекулярной массой?
7. Как определить состав паровой фазы при перегонке двух взаимно нерастворимых жидкостей?

### **Примерные вопросы к практическим занятиям**

#### **Практическое занятие № 1-4 «Исследование процесса непрерывной ректификации»**

1. Что является движущей силой массообменных процессов?
2. В каком случае замкнутая система может быть равновесной?
3. Расчет числа теоретических тарелок методом от тарелки к тарелке
4. Что характеризует минимальное флегмовое число?
5. Метод определения оптимального флегмового числа

6. Наиболее распространенные конструкции тарелок
7. Как определяется эффективность тарелки?
8. Основные модели структуры потоков на ректификационной тарелке
9. Какие составляющие входят в уравнения общего и покомпонентного материальных балансов перегонки?
10. Как определить расход тепла на проведение процесса перегонки?
11. Как, используя законы Рауля и Дальтона, определить состав равновесной пары фазы по заданному составу жидкой фазы?
12. Как по заданной температуре находится состав паровой и жидкой фаз, находящихся в равновесии?
13. На одной из тарелок верхней части ректификационной колонны находится жидкость, содержащая 65% (мол.) легколетучего компонента. Колонна работает при флегмовом числе  $F = 2,5$ . Дистиллят содержит 98% легколетучего компонента. Определить составы пара, приходящего на указанную тарелку и уходящего с нее, если коэффициент обогащения тарелки  $\eta_0 = 0,75$ , смесь следует закону Рауля, коэффициент относительной летучести  $a = 2,5$ . Жидкость на тарелке полностью перемешивается.
14. В ректификационную колонну непрерывного действия подается смесь вода-этиловый спирт, содержащая 10% (масс.) спирта. Определить расход теплоты в кубе колонны и количество отводимой теплоты в дефлегматоре на 1 кг дистиллята, содержащего 94% (масс.) спирта, если кубовый остаток практически не содержит спирта. Исходная смесь вводится в колонну при температуре 70 °С. Укрепляющая часть колонны работает с числом флегмы 4. Тепловыми потерями пренебречь. Обогрев глухим паром.

**Практическое занятие № 5-8 «Изучение основных методов расчета высоты массообменных аппаратов с непрерывным контактом фаз на примере ректификационной колонны»**

1. Какие размеры относятся к основным размерам массообменного аппарата?
2. Как определяют высоту массообменного аппарата с помощью уравнения массопередачи?
3. Как определяют диаметр массообменного аппарата?
4. Определите высоту массообменного аппарата с помощью числа и высоты единиц переноса
5. Определите высоту массообменного аппарата с помощью теоретической степени изменения концентрации.
6. В ректификационную колонну непрерывного действия поступает 2000 кг/ч бинарной смеси метанол – вода с абсолютной концентрацией 0,50 кг/кг. Концентрация метилового спирта в дистилляте должна составлять 0,98 кг/кг, а в кубовом остатке 0,05 кг/кг. Коэффициент избытка флегмы = 1,25. Средний коэффициент полезного действия тарелки принять равным 0,65. Давление греющего пара 1,5 ата. Температура воды на входе в конденсатор 18, на выходе - 30 °С. Коэффициенты теплопередачи в конденсаторе и в кипятильнике соответственно равны 600 Вт/(м<sup>2</sup> · К) и 950 Вт/(м<sup>2</sup> · К).  
Определить:
  - число теоретических и реальных тарелок в колонне и высоту тарельчатой части колонны тар;
  - расходы греющего пара и охлаждающей воды;



- поверхности теплообмена кипятильника и конденсатора;
- диаметр колонны.

7. Смесь ацетон - этанол разделяется в ректификационной колонне непрерывного действия под атмосферным давлением. Производительность установки по исходной смеси 7500 кг/ч. Производительность установки по кубовому остатку 5400кг/ч. Содержание ацетона в дистилляте 95 мол.%, в кубовом остатке 2,7% мол. Коэффициент избытка флегмы 1,25. Средняя скорость газа в колонне 0,65 м/с. Средний КПД тарелки – 0,6, высота тарелки 0,4м. Определить диаметр и высоту колонны, максимальную скорость газа в колонне.

### **Практическое занятие № 9-10 «Сорбционные процессы»**

1. Сформулируйте законы, описывающие процессы абсорбции и десорбции. Покажите особенности кинетики процессов абсорбции и хемосорбции. Для решения каких химико-технологических задач применяют эти закономерности?
2. Как составляется материальный баланс абсорбции? Раскройте понятие рабочей линии абсорбционного аппарата.
3. Что называется минимальным и оптимальным расходами абсорбента? Как влияет изменение удельного расхода на эффективность работы абсорбера?
4. Сопоставьте характеристики работы прямоточных и противоточных абсорберов.
5. Раскройте принцип действия пленочных абсорберов. В каких случаях применение этих аппаратов наиболее рационально?
6. Опишите принцип действия насадочных колонн. Почему насадку по высоте аппарата располагают секциями?
7. В каких случаях целесообразно использование схем установок с рециркуляцией абсорбента? Приведите примеры схем установок с однократным и многократным использованием абсорбента
8. Рассчитать нормализованный вариант конструкции абсорбера для поглощения  $\text{NH}_3$  водой;  $V = 5000 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $\text{NH}_3 = 0,12 \text{ мас.}\%$  Степень улавливания 96%. Температура 20 °С. Константа Генри 2070 мм рт.ст. при  $P = 0,276 \text{ МПа}$ .
9. Рассчитать нормализованный вариант конструкции абсорбера для поглощения  $\text{CO}_2$  водой;  $V = 8000 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $\text{CO}_2 = 0,2 \text{ мас.}\%$  Степень улавливания 95%. Температура 20 °С. Константа Генри 3000 мм рт.ст. при  $P = 0,12 \text{ МПа}$ .

### **Практическое занятие № 11-12 «Применение процессов абсорбции в химической технологии»**

1. Определить теоретически минимальный расход жидкого поглотителя, необходимый для полного извлечения пропана и бутана из 1000 м<sup>3</sup>/ч (при нормальных условиях) газовой смеси. Объемная доля пропана в газе 15 %, бутана 10 %. Температура в абсорбере 10 °С, абсолютное давление 1800 мм рт. ст. Растворимости бутана и пропана в поглотителе характеризуются законом Рауля.
2. Газовая смесь углеводородов поступает в абсорбер с объемной скоростью 1000 м<sup>3</sup>/ч (считая при нормальных условиях). Определите теоретически минимальный расход жидкого поглотителя с молярной массой 224 кг/кмоль, необходимый для полного извлечения пропана и бутана из смеси. Содержание пропана в газе 15% (об.), бутана – 105% (об.). Температура в абсорбере 30°С, абсолютное давление 3 кгс/см<sup>2</sup> (294 кПа). Растворимость бутана и пропана в поглотителе характеризуется законом Рауля. Давление насыщенного пара пропана при 30°С 981 кПа, бутана – 265 кПа.

3. В насадочном абсорбере чистой водой поглощается целевой компонент из его смеси с воздухом при давлении  $P$  и температуре  $t$ . Расход газа (при нормальных условиях:  $0^\circ\text{C}$ ,  $760\text{ мм.рт.ст.}$ ), начальное содержание компонента  $A$  в газе, степень извлечения  $A$  равна  $\eta$ . Коэффициент избытка орошения  $\varphi$ , коэффициент смачивания  $\psi$ . Зная коэффициент массопередачи  $K$  определить диаметр и высоту абсорбера, гидравлическое сопротивление.

Исходные данные:

Целевой компонент: ацетилен

$P=1,2\text{ МПа}$ ;

$t = 10^\circ\text{C}$

$V_0=1000\text{ м}^3/\text{с}$ ;

$y_n=14\%$ ;

$\eta=95\%$ ;

$\varphi=1,6$ ;

$\psi=0,9$ ;

$K=0,75 \cdot 10^6\text{ Кмоль}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па})$

Характеристики скрубберных насадок:

Вид насадки кольца фосфорные;

Размеры элемента насадки,  $8 \times 8 \times 1,5\text{ мм}$ ;

Число элементов в  $1\text{ м}^3$  объема, заполненного насадкой  $1465000$ ;

Свободный объем,  $0,64\text{ м}^3/\text{м}^3$ ;

Удельная поверхность,  $570\text{ м}^2/\text{м}^3$ ;

Масса  $1\text{ м}^3$  насадки,  $600\text{ кг}$

## Формы промежуточной аттестации

### Семестр 1

#### Примерный перечень вопросов для промежуточной аттестации (зачет)

1. Дайте классификацию и краткую характеристику процессам массообмена.
2. Определите основные способы выражения составов фаз
3. Назовите основные задачи статики процессов массообмена и составьте возможные уравнения материальных балансов и движущих сил.
4. По каким законам можно рассчитать и построить линии равновесия в системах газ+жидкость, пар+жидкость?
5. Каким образом можно изменять и направленно регулировать состояние равновесия?
6. Составьте возможные варианты уравнений материальных балансов массообменных процессов. Как рассчитать и построить линии рабочих концентраций фаз?
7. Определите основные задачи кинетики процессов массообмена
8. Приведите основные кинетические уравнения процессов массообмена
9. При помощи каких основных параметров рассчитываются массообменные аппараты с непрерывной поверхностью контакта фаз? Аппараты со ступенчатой поверхностью контакта фаз?
10. Что понимается под числом единиц переноса, и какими методами это число определяется?
11. Что такое высота единицы переноса? С помощью, каких методов на практике определяется этот параметр?
12. Что называется теоретической тарелкой? Изобразите графический метод определения числа теоретических тарелок.

13. Как определяется коэффициент полезного действия тарелки по Мэрффри? Каким образом и с какой целью строится кинетическая линия процесса?
14. Дайте определение процесса ректификации
15. Что такое флегмовое число, и каким образом определяется оптимальный его уровень? Может ли колонна работать без флегмы?
16. На какие параметры процесса и установки в целом влияет уровень флегмового числа?
17. Какими способами осуществляется питание ректификационной колонны?
18. В чем состоит особенность ректификации многокомпонентных смесей?
19. Какими способами на практике повышается эффективность работы ректификационных установок?
20. Принципы перегонки бинарных жидкостей

## **Семестр 2**

### **Примерный перечень вопросов для промежуточной аттестации (экзамен)**

1. Анализ и опыт осуществления основных технологических процессов на лабораторных установках, машинах и аппаратах массообменных процессов
2. Устройство и общие принципы работы современного технологического оборудования и приборов, машина и аппаратов массообменных процессов
3. Методы совершенствования технологических массообменных процессов
4. Массообменные процессы и их общая классификация. Общие сведения о процессах абсорбции, адсорбции, экстракции, ректификации, сушки.
5. Способы выражения состава фаз: мольные, массовые, относительно мольные, относительно массовые, объемные мольные, объемные массовые концентрации. Пересчет состава фаз. Состояние равновесия при массообмене.
6. Материальный баланс массообменных процессов. Уравнение рабочей линии. Диаграмма У-Х. Движущая сила, средняя движущая сила массообменных процессов.
7. Основное уравнение массопередачи. Коэффициент массопередачи. Выражение коэффициента массопередачи через коэффициенты массоотдачи.
8. Закон молекулярной диффузии. Первый закон Фика. Коэффициент диффузии. Дифференциальное уравнение молекулярной диффузии (второй закон Фика).
9. Закон массоотдачи Щукарева. Дифференциальное уравнение конвективного переноса массы. Закон массопроводности.
10. Абсорбция. Основные понятия. Сущность химической и физической абсорбции. Материальный и тепловой балансы абсорбции. Степень поглощения. Минимальный и оптимальный расход абсорбента.
11. Равновесие в процессах абсорбции. Закон Генри, закон Рауля.
12. Аппаратурное оформление процессов абсорбции: трубчатый пленочный абсорбер, насадочный абсорбер, барботажный абсорбер.
13. Насадочные тела: хордовая насадка, кольцевая насадка, фасонная насадка и др.
14. Типы тарелок: ситчатые, колпачковые, клапанные.
15. Гидродинамика насадочных и тарельчатых колонн.
16. Методика расчета основных размеров насадочного и тарельчатого абсорберов.
17. Разделение жидких смесей путем однократного испарения: простая перегонка, перегонка с дефлегмацией, перегонка с водяным паром, молекулярная дистилляция.

18. Ректификация. Схемы периодической и непрерывной ректификации для бинарной смеси. Фазовое равновесие в системе жидкость – пар для бинарных смесей.
19. Материальный и тепловой балансы ректификации. Уравнение рабочих линий для укрепляющей и исчерпывающей частей колонны.
20. Фазовые диаграммы для ректификации (У-Х, t-X, У диаграммы). Методика построения рабочих линий на диаграмме У-Х.
21. Флегмовое число. Минимальное и рабочее флегмовое число.
22. Разделение 3-х компонентных смесей. Сущность азеотропной и экстрактивной ректификации. Схемы процессов.
23. Расчет насадочной и тарельчатой ректификационной колонны.
24. Аппаратурное оформление процессов ректификации.
25. Экстракция. Сущность процесса. Область применения. Основные понятия и определения.
26. Экстракционная аппаратура: распылительный экстрактор, насадочный экстрактор, тарельчатый экстрактор, роторно-дисковый экстрактор.
27. Адсорбция. Теория процесса и его применение в химической технологии. Промышленные адсорбенты.
28. Основные виды адсорберов. Адсорберы с неподвижными и с движущимися слоями адсорбента, с псевдооживленным адсорбентом.
29. Сушка. Область применения. Равновесие в процессах сушки. Статика и кинетика сушки.
30. Материальный и тепловой баланс сушки.

## Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций

Оценивание знаний, умений, навыков и опыта деятельности проводятся на основе сведений, приводимых в матрице соответствия оценочных средств запланированным результатам обучения.

Цель текущего контроля успеваемости по учебным дисциплинам в семестре – проверка приобретаемых обучающимися знаний, умений, навыков в контексте формирования установленных образовательной программой компетенций в течение семестра. Текущий контроль осуществляется через систему оценки преподавателем всех видов работ обучающихся, предусмотренных рабочей программой дисциплины и учебным планом.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание результатов освоения дисциплины посредством испытания в форме экзамена (зачета). Промежуточная аттестация проводится в конце изучения дисциплины.

Разработанный фонд оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации используется для осуществления контрольно-измерительных мероприятий и выработки обоснованных управляющих и корректирующих действий в процессе приобретения обучающимися необходимых знаний, умений и навыков, формирования соответствующих компетенций в результате освоения дисциплины.

Учебная дисциплина как правило формирует несколько компетенций, процедура оценивания представлена в таблице:

№	Наименование оценочного средства	Периодичность и способ проведения процедуры оценивания	Виды выставляемых оценок
1	Отчет по практическим занятиям (1-2 семестр)	Систематически в соответствии с расписанием занятий, письменно	зачет/незачет
2	Отчет по лабораторным работам (1-2 семестр)	Систематически в соответствии с расписанием занятий, письменно	зачет/незачет
3	Зачет (1 семестр)	На этапе промежуточной аттестации	зачет/незачет
4	Экзамен (2 семестр)	На этапе промежуточной аттестации	По пятибалльной шкале

На этапе промежуточной аттестации (зачет) используется система оценки успеваемости обучающихся, которая позволяет преподавателю оценить сформированность планируемых результатов обучения (дескрипторов), а также уровень освоения материала обучающимися.

**Форма оценки знаний (зачет):** «Зачет»; «Незачет».

### Шкала оценивания:

**«Зачет»** – выставляется, если сформированность заявленных образовательных результатов компетенций оценивается не ниже «удовлетворительно» при условии отсутствия критерия «неудовлетворительно». Выставляется, когда обучающийся показывает хорошие знания изученного учебного материала; самостоятельно, логично и последовательно излагает и интерпретирует материалы учеб-

ного курса; полностью раскрывает смысл предлагаемого вопроса; владеет основными терминами и понятиями изученного курса; показывает умение переложить теоретические знания на предполагаемый практический опыт.

**«Незачет»** – выставляется, если при ответе обучающегося выявились существенные пробелы в знаниях основных положений фактического материала, неумение с помощью преподавателя получить правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой учебной дисциплины.

На этапе промежуточной аттестации (экзамен) используется система оценки успеваемости обучающихся, которая позволяет преподавателю оценить сформированность планируемых результатов обучения, а также уровень освоения материала обучающимися.

**Форма оценки знаний (пятибалльная шкала):** оценка - 5 «отлично»; 4 «хорошо»; 3 «удовлетворительно»; 2 «неудовлетворительно».

**Шкала оценивания:**

**«Отлично»** – выставляется, если сформированность заявленных образовательных результатов компетенций оценивается критериями «хорошо» и «отлично», при условии отсутствия оценки «неудовлетворительно»: студент показал прочные знания основных положений фактического материала, умение самостоятельно решать конкретные практические задачи повышенной сложности, свободно использовать справочную литературу, делать обоснованные выводы из результатов анализа конкретных ситуаций;

**«Хорошо»** – выставляется, если сформированность заявленных образовательных результатов компетенций оценивается критериями «хорошо» и «отлично», при условии отсутствия оценки «неудовлетворительно», допускается оценка «удовлетворительно»: обучающийся показал прочные знания основных положений фактического материала, умение самостоятельно решать конкретные практические задачи, предусмотренные рабочей программой, ориентироваться в рекомендованной справочной литературе, умеет правильно оценить полученные результаты анализа конкретных ситуаций;

**«Удовлетворительно»** – выставляется, если сформированность заявленных образовательных результатов компетенций оценивается критериями «удовлетворительно», «хорошо» и «отлично»: обучающийся показал знание основных положений фактического материала, умение получить с помощью преподавателя правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой, знакомство с рекомендованной справочной литературой;

**«Неудовлетворительно»** – выставляется, если при ответе обучающегося выявились существенные пробелы в знаниях основных положений фактического материала, неумение с помощью преподавателя получить правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой учебной дисциплины.

Ответы и решения обучающихся оцениваются по следующим общим критериям: распознавание проблем; определение значимой информации; анализ проблем; аргументированность; использование стратегий; творческий подход; выводы; общая грамотность. Обучающиеся обязаны сдавать все задания в сроки, установленные преподавателем. Оценка «Удовлетворительно» по дисциплине, может выставляться и при неполной сформированности компетенций в ходе освоения отдельной учебной дисциплины, если их формирование предполагается продолжить на более поздних этапах обучения, в ходе изучения других учебных дисциплин

Лабораторные работы и практические занятия оцениваются: «зачет», «незачет». Ответы и решения обучающихся оцениваются по следующим общим крите-

риям: распознавание проблем; определение значимой информации; анализ проблем; аргументированность; использование стратегий; творческий подход; выводы; общая грамотность.