

Министерство образования и науки Российской Федерации  
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
 высшего профессионального образования  
 «Самарский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ  
 Проректор по учебной работе СамГТУ

  
 Д.А. Деморевский  
 « 12 » ~~ноября~~ ноября 2015 г.  
 М.П. 

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.Б.5 Процессы массопереноса в системах  
 с участием конденсированных фаз**

(указывается шифр и наименование дисциплины по учебному плану)

Направление подготовки  
 (специальность)

**18.04.01 Химическая технология**

(код и наименование направления подготовки (специальности))

Квалификация (степень) выпускника магистр

Магистерская программа

**Интенсификация процессов нефтепереработки и  
 нефтехимии**

Форма обучения

Очно-заочная

(очная, очно-заочная, заочная)

Выпускающая кафедра

**Химическая технология переработки нефти и газа  
 Технология органического и нефтехимического синтеза**

Кафедра-разработчик рабочей программы

**Химическая технология и промышленная  
 экология**

(название)

Семестр	Трудо- емкость, час./з.е.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (зачет, экзамен, КР, КП)	Контактная работа, час.	
							ауди- тор- ная	внеауди- торная
4	180/5	18	36	–	126	Экзамен	54	5
Итого	180/5	18	36	–	126	Экзамен	54	5

Программа разработана в соответствии с требованиями Федерального закона от 27.12.2012 года № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации», ФГОС ВО, приказом Минобрнауки России от 19 декабря 2013 года № 1367 «Об утверждении порядка организации осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры» и учебным планом СамГТУ.

Составитель рабочей программы

К.х.н., доцент, доцент

(должность, ученое звание, степень)

  
(подпись)

А.Ю. Чуркина

(Ф.И.О.)

19.12.2014

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры «Химическая технология и промышленная экология»; протокол № 5 от 19.12.2014 года

(наименование кафедры-разработчика, дата и номер протокола)

Зав. кафедрой-разработчиком

« 19 » 12 2014 года

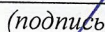
  
(подпись)

А.В. Васильев

(Ф.И.О.)

Эксперт методической комиссии по УГНП

« 23 » 12 2014 года

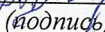
  
(подпись)

В.Д. Измаилов

(Ф.И.О.)

Председатель методического совета ХТФ

« 25 » 12 2014 года

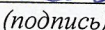
  
(подпись)

Т.Н. Нестерова

(Ф.И.О.)

Декан ХТФ

« 26 » 12 2014 года

  
(подпись)

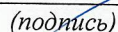
В.И. Аленин

(Ф.И.О.)

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой ХТПНГ

« 12 » 01 2015 года

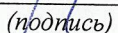
  
(подпись)

А.А. Пимерзин

(Ф.И.О.)

Зав. кафедры ТОНХС

« 13 » 01 2015 года

  
(подпись)

С.В. Леванова

(Ф.И.О.)

Начальник УВО

« 15 » 01 2015 года

  
(подпись)

А.Н. Лукьянова

(Ф.И.О.)

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Требования к результатам освоения дисциплины.....	4
2. Место дисциплины в структуре ОПОП.....	5
3. Структура и содержание дисциплины.....	6
3.1. Структура дисциплины.....	6
3.2. Содержание дисциплины.....	7
4. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	11
5. Образовательные технологии.....	11
6. Формы контроля освоения дисциплины.....	11
6.1. Перечень оценочных средств для текущего контроля освоения дисциплины.....	11
6.2. Состав фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....	12
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.....	14
7.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы.....	14
7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».....	14
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	15
Дополнения и изменения в рабочей программе дисциплины.....	16
Приложение 1. Аннотация рабочей программы.....	17
Приложение 2. Методические указания для самостоятельной работы обучающихся.....	18
Приложение 3. Фонд оценочных средств дисциплины.....	
Приложение 4. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	

# 1. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Результаты освоения ОПОП магистратуры определяются приобретаемыми выпускником компетенциями, т.е. его способностью применять знания, умения и личностные качества в соответствии с задачами профессиональной деятельности.

В результате освоения дисциплины «Процессы массопереноса в системах с участием конденсированных фаз» обучаемый должен обладать следующими профессиональными компетенциями:

ПК-2: готовность к поиску, обработке, анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи;

ПК-3: способность использовать современные приборы и методики, организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать их результаты.

Планируемые результаты обучения представлены в табл. 1.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

Таблица 1

Планируемые результаты освоения ОПОП (компетенции), достижение которых обеспечивает дисциплина		Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
Коды компетенции	Содержание компетенций	Знать: Уметь: Владеть:
ПК-2	готовность к поиску, обработке, анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи	<b>Знать:</b> теоретические основы процессов массопереноса в системах с участием конденсированных фаз, принципы моделирования процесса массопереноса, методы расчета массообменных аппаратов; <b>Уметь:</b> осуществлять выбор средств решения задач, связанных с математическим описанием процессов массопереноса в системах с участием конденсированных фаз, в том числе методов моделирования массообменных процессов и расчета массообменных аппаратов; <b>Владеть:</b> навыками выбора средств решения задач, связанных с математическим описанием процессов массопереноса в системах с участием конденсированных фаз, в том числе методов моделирования массообменных процессов и расчета массообменных аппаратов
ПК-3	способность использовать современные приборы и методики, организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать их результаты	<b>Знать:</b> основные закономерности равновесия и кинетики массообменных процессов с участием конденсированных фаз, методы интенсификации работы массообменных аппаратов <b>Уметь:</b> использовать методы вычислительной математики и математического моделирования для решения конкретных задач расчета и интенсификации массообменных процессов; <b>Владеть:</b> навыками решения конкретных задач расчета и интенсификации массообменных процессов

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Процессы массопереноса в системах с участием конденсированных фаз» относится к базовой части блока 1 учебного плана.

Перечень предшествующих и последующих дисциплин, формирующих общепрофессиональные и профессиональные компетенции, заявленные в разделе 1, приведены в табл. 2.

Перечень предшествующих и последующих дисциплин

Таблица 2

№ п/п	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
<i>Профессиональные компетенции</i>			
1	<b>ПК-2:</b> готовность к поиску, обработке, анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи	Теоретические и экспериментальные методы исследования в химии; эффективное использование природных и энергетических ресурсов в нефтепереработке и нефтехимии; оборудование производств нефтепереработки и нефтехимии; оборудование производства спецпродуктов нефтепереработки и нефтехимии; химия и технология получения спецпродуктов нефтепереработки и нефтехимии; химия и технология получения присадок к маслам и топливам; химмотология продуктов нефтепереработки и нефтехимии; технология получения спецпродуктов в нефтепереработке и нефтехимии; химия и технология получения присадок к маслам и топливам; химмотология продуктов нефтепереработки и нефтехимии	Теоретические и экспериментальные методы исследования в химии; эффективное использование природных и энергетических ресурсов в нефтепереработке и нефтехимии; оборудование производств нефтепереработки и нефтехимии; оборудование производства спецпродуктов нефтепереработки и нефтехимии; химия и технология получения спецпродуктов в нефтепереработке и нефтехимии; химия и технология получения присадок к маслам и топливам; химмотология продуктов нефтепереработки и нефтехимии; кинетика и катализ в нефтепереработке и нефтехимии; экологические проблемы в нефтепереработке и нефтехимии и способы их решения; современные методы моделирования и интенсификация технологических процессов нефтепереработки и нефтехимии; технологии проектирования производств нефтепереработки и нефтехимии; основы теоретического анализа производств нефтепереработки и нефтехимии; научно-исследовательская работа
1	<b>ПК-3:</b> способность использовать современные приборы и методики, организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать их результаты	Теоретические и экспериментальные методы исследования в химии; строение вещества и свойства спецпродуктов нефтепереработки и нефтехимии	Теоретические и экспериментальные методы исследования в химии; строение вещества и свойства спецпродуктов нефтепереработки и нефтехимии; кинетика и катализ в нефтепереработке и нефтехимии; научно-исследовательская работа

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 5 зачетных единиц (ЗЕТ), 180 академических часов.

Общие сведения о структуре дисциплины представлены в таблице 3.

Объём дисциплины по видам учебных занятий

Таблица 3

Вид учебной работы	Аудиторная работа, часов	Внеаудиторная контактная работа	Семестр
			1
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	<b>54</b>		<b>54</b>
В том числе:			
Лекции	18	0,4	18
Практические занятия (ПЗ)	36		36
Лабораторные работы (ЛР)	—		—
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>		<b>5</b>	<b>85</b>
В том числе:			
Подготовка к практическим занятиям			28
Самостоятельное изучение теоретического материала			62
<b>ИТОГО:</b>	<b>час.</b>		<b>180</b>
	<b>зач. ед.</b>		<b>5,0</b>
Вид промежуточной аттестации (зачет; экзамен, час.)	36		экзамен 36
Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего)	54		<b>54</b>

Распределение учебной нагрузки по разделам дисциплины

Таблица 4

№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, часы				
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС	Всего часов
1	Теоретические основы процессов массопереноса в системах с конденсированными фазами	10	12	—	30	52
2	Массообменные процессы аппараты	8	24	—	60	92
<b>ИТОГО</b>		<b>18</b>	<b>36</b>	<b>—</b>	<b>90</b>	<b>144</b>

### 3.2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### Лекционный курс

Таблица 5

Номер лекции	Номер раздела	Тема лекции и перечень дидактических единиц	Трудоёмкость, часов
1	1	<p><b>Тема 1.1. Общая характеристика процессов массопереноса.</b>                      Понятие молекулярной диффузии, турбулентной диффузии, конвективного переноса. Массоотдача и массопередача. Необходимые условия, определяющие возможность протекания массообменного процесса. Движущая сила массопереноса. Законы сохранения массы, энергии, импульса. Материальный баланс. Уравнение рабочей линии процесса массопередачи.</p> <p><b>Тема 1.2. Равновесие процессов массопереноса.</b>                      Термодинамическое равновесие. Обратимые и необратимые процессы. Химические потенциалы как мера движущей силы массопереноса. Коэффициент активности. Условие равновесия. Правило фаз Гиббса. Уравнение линии равновесия массопередачи.</p>	2
2	1	<p><b>Тема 1.3. Законы переноса.</b>                      Силы, действующие в реальных жидкостях (объемные и поверхностные). Тензор напряжений. Основные уравнение переноса субстанций (массы, энергии, импульса). Физический потенциал переноса. Источник потенциала.</p> <p><i>Выносится на самостоятельное изучение</i></p> <p>Частные случаи основного уравнения переноса (уравнение неразрывности потока, дифференциальное уравнение конвективного теплообмена, дифференциальное уравнение конвективной диффузии, уравнение Навье-Стокса).</p>	2
3	1	<p><b>Тема 1.4. Гидродинамические основы массообменных процессов.</b>                      Элементы теории турбулентности. Вихревое движение в жидкости. Основные закономерности вихревого движения. Турбулентность. Основные характеристики турбулентного потока. Общие сведения о теории пограничного слоя (структура турбулентного потока). Гидродинамика двухфазных систем. Межфазное и поверхностное натяжение.</p> <p><i>Выносится на самостоятельное изучение</i></p> <p>Гидродинамика однофазного потока.</p>	2
4	1	<p><b>Тема 1.5. Основы моделирования процессов массопереноса.</b>                      Критерии диффузионного подобия. Обобщенные критериальные уравнения диффузионного подобия. Модели структуры потока в массообменных процессах.</p> <p><b>Тема 1.6. Кинетика межфазного переноса. Теории массопередачи.</b>                      Теория растворения Нернста. Двупленочная теория массопередачи. Теория пограничного диффузионного слоя. Теории проникания и обновления поверхности. Межфазная турбулентность. Термодиффузия.</p>	2
5	1	<p><b>Тема 1.7. Кинетика массопереноса.</b>                      Молекулярная диффузия в двухфазной системе. Массопередача в перемешиваемых системах. Массопередача с химическими реакциями в фазах. Массопередача с поверхностными реакциями. Массопередача при образовании структурно-механического барьера на поверхности раздела фаз.</p>	2

Номер лекции	Номер раздела	Тема лекции и перечень дидактических единиц	Трудоемкость, часов
6	2	<p><b>Тема 2.1. Основы жидкостной экстракции.</b>  Особенности процессов массопереноса в системах «жидкость – жидкость». Термодинамика экстракции. Экстракционные системы. Кинетика экстракции и межфазные явления.  <i>Выносится на самостоятельное изучение</i>  Промышленное применение экстракции. Современная экстракционная аппаратура. Сравнительная характеристика промышленных экстракторов.</p>	2
7	2	<p><b>Тема 2.2. Основы адсорбции и ионного обмена.</b>  Особенности процессов массопереноса в системах с твердой фазой. Адсорбционное равновесие. Теории адсорбции. Теплота адсорбции. Структура промышленных адсорбентов. Кинетика адсорбции и десорбции. Динамика адсорбции. Особенности процессов хемосорбции в системах с твердой фазой.  <i>Выносится на самостоятельное изучение</i>  Промышленное применение адсорбции и ионного обмена. Виды и характеристики промышленных адсорбентов и ионитов. Аппаратурно-технологическое оформление адсорбционных и ионообменных процессов. Сравнительная характеристика промышленных адсорберов и ионообменных аппаратов.</p>	2
8	2	<p><b>Тема 2.3. Экстракция в системе «твердое тело – жидкость».</b>  Механизм растворения и выщелачивания. Равновесие и кинетика процессов растворения и выщелачивания. Материальный баланс процесса. Способы проведения растворения и выщелачивания.  <i>Выносится на самостоятельное изучение</i>  Сравнительная характеристика и область применения экстракторов различных типов.</p>	2
9	2	<p><b>Тема 2.4. Кристаллизация.</b>  Механизм кристаллизации, виды кристаллизации. Равновесие при кристаллизации, материальный и тепловой баланс, кинетика процесса. Влияние условий проведения процесса на свойства кристаллов. Использование кристаллизации для разделения смесей.  <i>Выносится на самостоятельное изучение</i>  Сравнительная характеристика и область применения кристаллизаторов различных типов.</p>	2
<b>ИТОГО</b>			<b>18</b>



**Практические занятия**

Таблица 6

Номер занятия	Номер раздела	Тема практического занятия и перечень дидактических единиц	Трудоемкость, часов*
1	1	<b><u>Теоретические и эмпирические методы расчета коэффициентов молекулярной диффузии.</u></b> Методы расчета коэффициентов молекулярной диффузии в газах	4
2	1	<b><u>Теоретические и эмпирические методы расчета коэффициентов молекулярной диффузии (продолжение).</u></b> Методы расчета коэффициентов молекулярной диффузии в жидкостях	4
3	1	<b><u>Частные решения дифференциального уравнения конвективной диффузии.</u></b> Диффузия в однофазной неподвижной среде. Установившаяся диффузия в движущихся средах. Определение коэффициентов вихревой диффузии.	4
4	2	<b><u>Жидкофазная экстракция.</u></b> Трехфазные диаграммы равновесия. Основы математического моделирования процесса экстракции. Расчет равновесных характеристик экстракционных систем. Расчет процесса экстракции с учетом структуры потока.	4
5	2	<b><u>Жидкофазная экстракция (продолжение).</u></b> Основные промышленные экстракторы. Схема экстракционной установки. Расчет экстракционных аппаратов. Определение скорости осаждения капель и их размера, предельных параметров работы экстракторов, размера отстойных зон. Расчет массопередачи в экстракционных аппаратах через критерии диффузионного подобия.	4
6	2	<b><u>Жидкофазная экстракция (продолжение).</u></b> Методика расчета распылительной колонны. Методика расчета роторно-дискового экстрактора.	4
7	2	<b><u>Адсорбция.</u></b> Основные промышленные адсорберы и адсорбенты. Схема адсорбционно-десорбционной установки. Методика расчета адсорбционного фильтра с неподвижным слоем адсорбента.	4
8	2	<b><u>Ионный обмен.</u></b> Основные промышленные ионнообменные аппараты. Схема ионообменной установки. Методика расчета односекционной и многосекционной ионнообменной колонны с псевдоожиженным слоем ионита.	4
9	2	<b><u>Кристаллизация.</u></b> Основные промышленные кристаллизаторы. Схема кристаллизационной установки. Методика расчета вакуум-кристаллизатора.	4
<b>ИТОГО</b>			<b>36</b>

\* **Примечание:** расписанием необходимо предусмотреть практические занятия длительностью 4 часа

**Лабораторные работы учебным планом не предусмотрены.**

Самостоятельная работа студента

Таблица 7

Раздел дисциплины	№ п/п	Вид самостоятельной работы студента (СРС) и перечень дидактических единиц	Трудоемкость, часов
1	1.1	<b>Самостоятельное изучение теоретического материала по теме 1.3.</b> Частные случаи основного уравнения переноса (уравнение неразрывности потока, дифференциальное уравнение конвективного теплообмена, дифференциальное уравнение конвективной диффузии, уравнение Навье-Стокса).	20
	1.2	<b>Самостоятельное изучение теоретического материала по теме 1.4.</b> Гидродинамика однофазного потока.	2
	1.3	<b>Подготовка к практическим занятиям № 1 и 2.</b> Определение молекулярной диффузии. Первый закон Фика. Коэффициент молекулярной диффузии.	3
	1.4	<b>Подготовка к практическому занятию № 3.</b> Турбулентная диффузия и конвективный массоперенос. Дифференциальное уравнение конвективной диффузии. Массоотдача и массопередача. Основные уравнения массоотдачи и массопередачи.	5
<b>Итого</b>			<b>30</b>
2	2.1	<b>Самостоятельное изучение теоретического материала по теме 2.1.</b> Промышленное применение экстракции. Современная экстракционная аппаратура. Сравнительная характеристика промышленных экстракторов.	10
	2.2	<b>Самостоятельное изучение теоретического материала по теме 2.2.</b> Промышленное применение адсорбции и ионного обмена. Виды и характеристики промышленных адсорбентов и ионитов. Аппаратурно-технологическое оформление адсорбционных и ионообменных процессов. Сравнительная характеристика промышленных адсорберов и ионообменных аппаратов.	20
	2.3	<b>Самостоятельное изучение теоретического материала по теме 2.3.</b> Сравнительная характеристика и область применения экстракторов различных типов.	5
	2.4	<b>Самостоятельное изучение теоретического материала по теме 2.4.</b> Сравнительная характеристика и область применения кристаллизаторов различных типов.	5
	2.5	<b>Подготовка к практическим занятиям № 4-6.</b> Жидкофазная экстракция. Треугольные диаграммы равновесия, их свойства. Термодинамика и кинетика экстракции. Материальный баланс экстракции. Основные промышленные экстракторы. Схема экстракционной установки.	5
	2.6	<b>Подготовка к практическому занятию № 7.</b> Адсорбция. Равновесие, кинетика и динамика адсорбции. Теории адсорбции. Теплота адсорбции. Материальный и тепловой баланс адсорбции. Основные промышленные адсорберы. Схема адсорбционно-десорбционной установки.	5
	2.7	<b>Подготовка к практическому занятию № 8.</b> Хемосорбция. Ионный обмен. Реакции, протекающие при ионном обмене. Основные промышленные ионообменные аппараты. Схема ионообменной установки.	5
	2.8	<b>Подготовка к практическому занятию № 9.</b> Кристаллизация. Равновесие и кинетика кристаллизации. Материальный баланс кристаллизации. Основные промышленные кристаллизаторы. Схема кристаллизационной установки.	5
<b>Итого</b>			<b>60</b>
<b>ВСЕГО ЧАСОВ</b>			<b>90</b>

## 4. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### Список теоретических вопросов, выносимых для самостоятельного изучения.

- Тема 1.3. Законы переноса. *Частные случаи основного уравнения переноса (уравнение неразрывности потока, дифференциальное уравнение конвективного теплообмена, дифференциальное уравнение конвективной диффузии, уравнение Навье-Стокса).*
- Тема 1.4. Гидродинамические основы массообменных процессов. *Гидродинамика однофазного потока.*
- Тема 2.1. Основы жидкостной экстракции. *Промышленное применение экстракции. Современная экстракционная аппаратура. Сравнительная характеристика промышленных экстракторов.*
- Тема 2.2. Основы адсорбции и ионного обмена. *Промышленное применение адсорбции и ионного обмена. Виды и характеристики промышленных адсорбентов и ионитов. Аппаратурно-технологическое оформление адсорбционных и ионообменных процессов. Сравнительная характеристика промышленных адсорберов и ионообменных аппаратов.*
- Тема 2.3. Экстракция в системе «твердое тело – жидкость». *Сравнительная характеристика и область применения экстракторов различных типов.*
- Тема 2.4. Кристаллизация. *Сравнительная характеристика и область применения кристаллизаторов различных типов.*

Методические указания в т.ч. для самостоятельной работы обучающихся и методические указания для обучающихся по освоению дисциплины приводятся в Приложении 2 и Приложении 3 к рабочей программе.

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В учебном процессе применяются пассивные (лекции) и активные (практические занятия) образовательные технологии. Использование интерактивных образовательных технологий разработчиков рабочей программы не предусмотрено.

## 6. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. ПЕРЕЧЕНЬ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Текущая аттестация студентов производится в дискретные временные интервалы преподавателем, ведущим практические занятия по дисциплине, в форме оценки работы на практических занятиях.

## 6.2. СОСТАВ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Промежуточная аттестация по дисциплине проходит в форме устного экзамена (включает в себя ответ на теоретические вопросы).

### Перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Общая характеристика процессов массопереноса. Понятие молекулярной диффузии, турбулентной диффузии, конвективного переноса. Массоотдача и массопередача.
2. Необходимые условия, определяющие возможность протекания массообменного процесса. Движущая сила массопереноса.
3. Законы сохранения массы, энергии, импульса. Материальный баланс. Уравнение рабочей линии процесса массопередачи.
4. Равновесие процессов массопереноса. Термодинамическое равновесие. Обратимые и необратимые процессы.
5. Химические потенциалы как мера движущей силы массопереноса. Коэффициент активности.
6. Условие равновесия. Правило фаз Гиббса. Уравнение линии равновесия массопередачи.
7. Законы переноса. Силы, действующие в реальных жидкостях (объемные и поверхностные). Тензор напряжений.
8. Основные уравнение переноса субстанций (массы, энергии, импульса). Физический потенциал переноса. Источник потенциала.
9. Частные случаи основного уравнения переноса (уравнение неразрывности потока, дифференциальное уравнение конвективного теплообмена, дифференциальное уравнение конвективной диффузии, уравнение Навье-Стокса).
10. Гидродинамические основы массообменных процессов. Элементы теории турбулентности. Вихревое движение в жидкости.
11. Основные закономерности вихревого движения. Турбулентность. Основные характеристики турбулентного потока.
12. Общие сведения о теории пограничного слоя (структура турбулентного потока).
13. Гидродинамика двухфазных систем. Межфазное и поверхностное натяжение.
14. Гидродинамика однофазного потока.
15. Основы моделирования процессов массопереноса. Критерии диффузионного подобия. Обобщенные критериальные уравнения диффузионного подобия.
16. Модели структуры потока в массообменных процессах.
17. Кинетика межфазного переноса. Теории массопередачи. Теория растворения Нернста.
18. Двупленочная теория массопередачи.
19. Теория пограничного диффузионного слоя.
20. Теории проникания и обновления поверхности.
21. Межфазная турбулентность.
22. Термодиффузия.
23. Кинетика массопереноса. Молекулярная диффузия в двухфазной системе.
24. Массопередача в перемешиваемых системах.
25. Массопередача с химическими реакциями в фазах.
26. Массопередача с поверхностными реакциями
27. Массопередача при образовании структурно-механического барьера на поверхности раздела фаз.
28. Основы жидкостной экстракции. Особенности процессов массопереноса в системах «жидкость – жидкость».
29. Термодинамика экстракции.
30. Экстракционные системы

31. Кинетика экстракции и межфазные явления.
32. Промышленное применение экстракции.
33. Современная экстракционная аппаратура. Сравнительная характеристика промышленных экстракторов.
34. Основы адсорбции и ионного обмена. Особенности процессов массопереноса в системах с твердой фазой.
35. Адсорбционное равновесие. Теории адсорбции.
36. Теплота адсорбции.
37. Структура промышленных адсорбентов.
38. Кинетика адсорбции и десорбции.
39. Динамика адсорбции.
40. Особенности процессов хемосорбции в системах с твердой фазой.
41. Промышленное применение адсорбции и ионного обмена.
42. Виды и характеристики промышленных адсорбентов и ионитов.
43. Аппаратурно-технологическое оформление адсорбционных и ионообменных процессов. Сравнительная характеристика промышленных адсорберов и ионообменных аппаратов.
44. Экстракция в системе «твердое тело – жидкость». Механизм растворения и выщелачивания.
45. Равновесие и кинетика процессов растворения и выщелачивания.
46. Материальный баланс процессов растворения и выщелачивания.
47. Способы проведения растворения и выщелачивания.
48. Сравнительная характеристика и область применения экстракторов различных типов.
49. Кристаллизация. Механизм кристаллизации, виды кристаллизации.
50. Равновесие при кристаллизации
51. Материальный и тепловой баланс кристаллизации
52. Кинетика процесса кристаллизации.
53. Влияние условий проведения процесса на свойства кристаллов.
54. Использование кристаллизации для разделения смесей.
55. Сравнительная характеристика и область применения кристаллизаторов различных типов.

Фонд оценочных средств, перечень заданий для проведения промежуточной аттестации, а также методические указания для проведения промежуточной аттестации приводятся в Приложении 4 к рабочей программе.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

#### Основная литература

Таблица 8

№ п/п	Учебник, учебное пособие (приводится библиографическое описание учебника, учебного пособия)	Ресурс НТБ СамГТУ	Кол-во экз.
1	Ишанходжаева М.М. Физическая химия. Часть I. Диффузия в системах с твердой фазой. – СПб: Изд-во Санкт-Петербургского гос. технол. ун-та растительных полимеров. – 2012.	Электронный каталог НТБ СамГТУ	20

#### Дополнительная литература

№ п/п	Учебник, учебное пособие, монография, справочная литература (приводится библиографическое описание)	Ресурс НТБ СамГТУ	Кол-во экз.
1	Протодьяконов И.О., Марцулевич Н.А., Марков А.В. Явления переноса в процессах химической технологии / под ред.: П.Г. Романкова. – Л.: Химия. – 1981.	Электронный каталог НТБ СамГТУ	4
2	Кафаров В.В. Основы массопередачи. – М.: Высш. шк. – 1979.	Электронный каталог НТБ СамГТУ	66
3	Шервуд Т.К. Массопередача. – М.: Химия. – 1982.	Электронный каталог НТБ СамГТУ	7
4	Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. Ч. 1 и 2. – М.: Химия. – 2002.	Электронный каталог НТБ СамГТУ	54
5	Лаптев А.Г., Николаев Н.А., Башаров М.М. Методы интенсификации и моделирования тепломассообменных процессов. – М.: Теплотехника. – 2011.	Электронный каталог НТБ СамГТУ	5

#### Периодические издания

1. Вестник СамГТУ. Серия «Технические науки».
2. Вестник МГТУ. Серия «Естественно-технические науки».
3. Инженерный журнал.

### 7.2. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ»

1. <http://www.scopus.com> – Поисковая система SciVerse (издательство «ELSEVIER»).
2. <http://www.sciencedirect.com> – Полнотекстовая база данных издательства «ELSEVIER» FREEDOM COLLECTION на платформе Science Direct;
3. <http://elibrary.ru> – Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU.
4. <http://n-t.ru> – Электронная библиотека «Наука и техника».
5. <http://www.tehlit.ru> – Электронная библиотека Тех.Лит.ру.
6. <http://www.chem.msu.ru> – Химическая информационная сеть «Наука. Образование. Технология».
7. <http://ru.wikipedia.org> – Электронная свободная энциклопедия.
8. <http://www.articleinweb.ru/>...processy...apparaty...tehnologii.html> – Процессы и аппараты

химической технологии. Статьи. Обзоры

9. <http://www.edu.ru> – Каталог образовательных интернет-ресурсов.
10. <http://rsl.ru> – Полнотекстовые ресурсы библиотеки диссертаций РГБ;
11. <http://www2.viniti.ru> – Базы данных ВИНТИ;
12. <http://www.nature.com> – Полнотекстовые ресурсы издательской группы «NATURE PG»;
13. <http://studentum.net> – Электронная библиотека учебников;
14. <http://hpre.samgtu.ru> – сайт кафедры «Химическая технология и промышленная экология» ФГБОУ ВПО «СамГТУ».

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **1. Лекционные занятия:**

- комплект электронных презентаций/слайдов;
- аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер / ноутбук, интерактивная доска);

### **2. Практические занятия:**

- аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер / ноутбук, интерактивная доска);
- компьютерный класс на 10 посадочных мест;
- пакеты ПО общего назначения;
- наличие справочников и литературы по расчетам, связанным с процессами массопереноса.

### **3. Прочее:**

- рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
- ресурсы НТБ СамГТУ;
- ресурсы ИВЦ СамГТУ.

**Дополнения и изменения в рабочей программе  
дисциплины на 20\_\_/20\_\_ уч.г.**

Внесенные изменения на 20\_\_/20\_\_ учебный год

УТВЕРЖДАЮ  
Декан НТФ

\_\_\_\_\_  
(подпись, расшифровка подписи)

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20... г

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

- 1) .....
- 2) .....

или делается отметка о нецелесообразности внесения каких-либо изменений на данный учебный год

Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры

\_\_\_\_\_  
*(дата, номер протокола заседания кафедры, подпись зав. кафедрой).*

ОДОБРЕНА на заседании методической комиссии факультета " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ г."

Эксперты методической комиссии по УГНП

\_\_\_\_\_  
*шифр наименование личная подпись расшифровка подписи дата*

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий выпускающей кафедрой

\_\_\_\_\_  
*наименование кафедры личная подпись расшифровка подписи дата*

Декан

\_\_\_\_\_  
*наименование факультета, где производится обучение, личная подпись расшифровка подписи дата*

Начальник УВО

\_\_\_\_\_  
*личная подпись расшифровка подписи дата*



## Аннотация рабочей программы

Дисциплина «Процессы массопереноса в системах с участием конденсированных фаз» относится к базовой части блока 1 дисциплин учебного плана подготовки магистров по направлению 18.04.01 (240100.68) «Химическая технология». Дисциплина реализуется на химико-технологическом факультете ФГОУ ВПО «СамГТУ» кафедрой «Химическая технология и промышленная экология».

В результате освоения указанной дисциплины выпускник должен обладать следующими компетенциями:

ПК-2: готовность к поиску обработке, анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи;

ПК-3: способность использовать современные приборы и методики, организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать их результаты.

В результате изучения дисциплины студент должен

**знать:** теоретические основы процессов массопереноса в системах с участием конденсированных фаз, принципы моделирования процесса массопередачи, методы расчета массообменных аппаратов; основные закономерности равновесия и кинетики массообменных процессов с участием конденсированных фаз, методы интенсификации работы массообменных аппаратов;

**уметь:** осуществлять выбор средств решения задач, связанных с математическим описанием процессов массопереноса в системах с участием конденсированных фаз, в том числе методов моделирования массообменных процессов и расчета массообменных аппаратов; использовать методы вычислительной математики и математического моделирования для решения конкретных задач расчета и интенсификации массообменных процессов;

**владеть:** навыками выбора средств решения задач, связанных с математическим описанием процессов массопереноса в системах с участием конденсированных фаз, в том числе методов моделирования массообменных процессов и расчета массообменных аппаратов; навыками решения конкретных задач расчета и интенсификации массообменных процессов.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с особенностями диффузии и межфазного переноса в системах с конденсированными фазами, а также решением задач расчета и интенсификации массообменных процессов.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, самостоятельная работа студента.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости в форме оценки работы на практических занятиях и промежуточный контроль в форме устного экзамена.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов. Программой дисциплины предусмотрены лекции – 18 часов, практические занятия – 36 часов, 90 часов самостоятельной работы студента и 36 часов для подготовки к экзамену.