

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ВШТЭ

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Б1.В.03**

(индекс дисциплины)

**Процессы массопереноса в системах с участием твердой фазы  
(по профилю)**

(Наименование дисциплины)

Кафедра: **17** Процессы и аппараты химической технологии

Код

(Наименование кафедры)

Направление подготовки: 18.04.01 Химическая технология

Профиль подготовки: Химия и технология продуктов тонкого органического синтеза

Уровень образования: магистратура

### План учебного процесса

Составляющие учебного процесса		Очное обучение	Очно-заочное обучение	Заочное обучение
Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся (часы)	Всего	<b>108</b>		
	Аудиторные занятия	<b>36</b>		
	Лекции			
	Лабораторные занятия			
	Практические занятия	36		
	Самостоятельная работа	36		
Промежуточная аттестация	<b>36</b>			
Формы контроля по семестрам (номер семестра)	Экзамен	1		
<b>Общая трудоемкость дисциплины (зачетные единицы)</b>		<b>3</b>		

Форма обучения:	Распределение зачетных единиц трудоемкости по семестрам									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Очная	<b>3</b>									
Очно-заочная										
Заочная										

Рабочая программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению 180401 Химическая технология

и на основании учебного плана № m180401.12-12\_20

Кафедра-разработчик: Процессов и аппаратов Химической Технологии

Заведующий кафедрой: Никифоров А.О.

### **СОГЛАСОВАНИЕ:**

Выпускающая кафедра: Органической химии

Заведующий кафедрой: Тришин Ю.Г.

Методический отдел: Смирнова В.Г.

# 1. ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

## 1.1. Место преподаваемой дисциплины в структуре образовательной программы

Блок 1: Базовая  Обязательная  Дополнительно является факультативом   
Вариативная  По выбору

## 1.2. Цель дисциплины

Основной целью изучения дисциплины является приобретение студентами знаний включающих: общие понятия, закономерности, основные уравнения процессов массопереноса в системах с участием твердой фазы, умение применять приобретенную совокупность знаний при выполнении расчетов основных химико-технологических процессов получения продуктов тонкого органического синтеза и выполнение элементов проектных разработок.

## 1.3. Задачи дисциплины

Главная задача изучения дисциплины состоит в том, чтобы научить студентов понимать основные закономерности процессов тепло- и массопереноса, грамотно использовать полученные знания для решения конкретных задач технологии получения продуктов тонкого органического синтеза.

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

Код компетенции	Формулировка компетенции	Этап формирования
ОПК- 4	готовностью к использованию методов математического моделирования материалов и технологических процессов, к теоретическому анализу и экспериментальной проверке теоретических гипотез.	1
<b>Планируемые результаты обучения</b> Знать: 1) Принципы построения уравнений для описания основных процессов тепло- и массопереноса при получении продуктов тонкого органического синтеза.. 2) Принципиальное устройство оборудования для получения продуктов тонкого органического синтеза. Уметь: 1) Производить расчеты процессов тепло- и массопереноса в оборудовании для получения продуктов тонкого органического синтеза. 2) Выбирать тип и марку оборудования, предназначенного для получения продуктов тонкого органического синтеза. Владеть: 1) Информационными технологиями для использования их в практической деятельности. 2) Владеть знаниями профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов.		
ОПК- 5	готовностью к защите объектов интеллектуальной собственности и коммерциализации прав на объекты интеллектуальной собственности	1, 2, 3
<b>Планируемые результаты обучения</b> Знать: 1) Основные положения защиты объектов интеллектуальной собственности. 2) Основные положения коммерциализации прав на объекты интеллектуальной собственности. Уметь: 1) Осуществлять защиту объектов интеллектуальной собственности . 2) Осуществлять коммерциализацию прав на объекты интеллектуальной собственности Владеть: 1) Приемами защиты объектов интеллектуальной собственности. 2) Приемами коммерциализации прав на объекты интеллектуальной собственности		
ПК- 4	готовностью к решению профессиональных производственных задач - контролю технологического процесса, разработке норм выработки, технологических нормативов на расход материалов, заготовок, топлива и электроэнергии, к выбору оборудования и технологической оснастки.	1

Код компетенции	Формулировка компетенции	Этап формирования
<p><b>Планируемые результаты обучения</b></p> <p>Знать:</p> <p>1) Принципы построения уравнений для описания основных процессов тепло- и массопереноса при получении полимеров в рабочих узлах оборудования.</p> <p>2) Принципиальное устройство оборудования для получения продуктов тонкого органического синтеза.</p> <p>Уметь:</p> <p>1) Производить расчеты процессов тепло- и массопереноса в оборудовании для получения продуктов тонкого органического синтеза.</p> <p>2) Выбирать тип и марку оборудования, предназначенного для получения продуктов тонкого органического синтеза.</p> <p>Владеть:</p> <p>1) Информационными технологиями для использования их в практической деятельности, включая знания и умения непосредственно не связанные со сферой деятельности,</p> <p>2) Владеть знаниями профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов.</p>		
ПК-5	готовностью к совершенствованию технологического процесса - разработке мероприятий по комплексному использованию сырья, по замене дефицитных материалов и изысканию способов утилизации отходов производства, к исследованию причин брака в производстве и разработке предложений по его предупреждению и устранению.	1
<p>Знать:</p> <p>1) Тенденции и перспективы развития современных мероприятий по комплексному использованию сырья,</p> <p>2) Тенденции и перспективы развития современных мероприятий по замене дефицитных материалов и изысканию способов утилизации отходов производства, к исследованию причин брака в производстве и разработке предложений по его предупреждению и устранению .</p> <p>Уметь:</p> <p>1) Использовать численные методы для решения задач оптимизации.</p> <p>2) Использовать языки и системы программирования для решения профессиональных задач.</p> <p>Владеть:</p> <p>1) Методами построения математических моделей процессов химической технологии для последующей их оптимизации.</p> <p>2) Методами построения математических моделей аппаратов химической технологии для последующей их оптимизации.</p>		

**1.5. Дисциплины (практики) образовательной программы, в которых было начато формирование компетенций, указанных в п.1.4:**

Дисциплина базируется на компетенциях, сформированных на предыдущем уровне образования.

**2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Объем (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
<p><b>Учебный модуль 1. Введение. Роль массообменных процессов в развитии ЦБП.</b></p> <p>Тема 1. Введение.</p> <p>Роль массообменных процессов в развитии ЦБП. Инновационные технологии в развитии целлюлозно-бумажной промышленности. Проект лиственница. Роль массообменных процессов (экстракции) в создании нового вида товарной целлюлозы с выводом на мировые рынки. Ценные компоненты содержащиеся в древесине лиственницы, способы их извлечения. Оборудование для проведения массообменных процессов, в том числе экстракции, применяемое в целлю-</p>	10		

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Объем (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
лозно-бумажной промышленности. Разработка новых высокоэффективных процессов и аппаратов для обеспечения выпуска высококачественной продукции, экономии материальных и энергетических ресурсов и охраны окружающей среды от выбросов предприятий			
Тема 2. Массообменные процессы. Классификация. Основные понятия, определения. Экстракция в системе жидкость-твёрдое тело. Классификация процессов. Основы расчётов типовых процессов. Материальный и тепловой балансы процесса. Движущая сила и кинетические коэффициенты процесса экстракции. Общий вид уравнений скорости процессов переноса. Расчет основных технологических параметров процесса экстракции.	10		
<b>Текущий контроль 1. Опрос</b>	1		
<b>Учебный модуль 2. Изучение теоретических закономерностей, описывающих процесс экстракции и растворения</b>			
Тема 3. Основные зависимости, описывающие процесс экстракции. Расчет основных технологических параметров процесса. Расчет конструктивных параметров экстракционных аппаратов.	10		
Тема 4. Основные зависимости, описывающие процесс растворения. Расчет основных технологических параметров процесса. Расчет конструктивных параметров аппаратов для растворения.	10		
<b>Текущий контроль 2. Опрос</b>	1		
<b>Учебный модуль 3. Изучение теоретических закономерностей, описывающих процесс сушки и адсорбции.</b>			
Тема 5. Основные зависимости, описывающие процесс сушки. Расчет основных технологических параметров процесса. Расчет конструктивных параметров сушильных установок.	14		
Тема 6. Основные зависимости, описывающие процесс адсорбции. Расчет основных технологических параметров процесса. Расчет конструктивных параметров адсорберов.	15		
<b>Текущий контроль 3. Опрос</b>	1		
<b>Промежуточная аттестация по дисциплине. Экзамен</b>	<b>36</b>		
<b>ВСЕГО:</b>	<b>108</b>		

### 3. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

#### 3.1. Лекции

Не предусмотрено.

#### 3.2. Практические занятия

Номера изучаемых тем	Наименование и форма занятий	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
1.	Массообменные процессы. Классификация. Основные понятия, определения	1	6				
2.	Экстракция в системе жидкость-твёрдое тело	1	6				
3.	Расчёт конструктивных параметров экстракционных аппаратов.	1	6				
4.	Основные зависимости, описывающие процесс растворения.	1	6				
5.	Основные зависимости, описывающие процесс суш-	1	6				

Номера изучаемых тем	Наименование и форма занятий	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
	ки.						
6.	Основные зависимости, описывающие процесс адсорбции.	1	6				
<b>ВСЕГО:</b>			<b>36</b>				

### 3.3. Лабораторные занятия

Не предусмотрено.

## 4. КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Не предусмотрено.

## 5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Номера учебных модулей, по которым проводится контроль	Форма контроля знаний	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во
1,2,3	Опрос	1	3				

## 6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Виды самостоятельной работы обучающегося	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
Усвоение теоретического материала	1	18				
Подготовка к практическим занятиям	1	18				
Подготовка к экзамену	1	36				
<b>ВСЕГО:</b>		<b>36+36</b>				

## 7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

### 7.1. Характеристика видов и используемых инновационных форм учебных занятий

Не предусмотрено

### 7.2. Система оценивания успеваемости и достижений обучающихся для промежуточной аттестации

традиционная

балльно-рейтинговая

## 8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 8.1. Учебная литература

а) основная учебная литература

1. Мидуков, Н.П. Массообменные процессы в целлюлозно-бумажной промышленности [Электронный ресурс]: учеб. пособие /Н.П.Мидуков, В.С.Куров, А.О.Никифоров. –СПб.: СПбГТУРП, 2015. -125 с.(ЭБВШТЭ: Режим доступа: <http://www.nizrp.narod.ru/kafpriapxt.h2tm>)

б) дополнительная учебная литература

2. Мидуков, Н.П.Перемешивание в целлюлозно-бумажной промышленности [Текст]: Учебное пособие /Н.П.Мидуков, В.С.Куров, А.О.Никифоров;СПб, СПбГТУРП, 2012.- 78с.

### 8.2. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Павлов, К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии [Текст]: Учебное пособие для вузов /К.Ф.Павлов, А.А.Носков, под ред. Чл.-корр. АН России П.Г.Романкова. - 15-е изд., стереотипное. Перепечатка с издания 1987 г. М.: ООО ТИД «Альянс», 2013. -576с.

### 8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]. URL: <http://window.edu.ru/>

### 8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

1. Microsoft Windows 8.1
2. Microsoft Office Professional 2013

### 8.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Компьютерный класс с мультимедийным комплексом и выходом в Интернет.

### 8.6. Иные сведения и (или) материалы

Демонстрационные: стенд, плакаты (адсорбер, экстрактор, реактор)

## 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Виды учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся	Организация деятельности обучающегося
Практические занятия	Подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы.
Самостоятельная работа	Данный вид работы предполагает расширение и закрепление знаний, умений и навыков, усвоенных на аудиторных занятиях путем самостоятельной проработки учебно-методических материалов по дисциплине и другим источникам информации. При подготовке к экзамену необходимо ознакомиться с перечнем вопросов, проработать конспекты практических занятий, рекомендуемую литературу, получить консультацию у преподавателя.

## 10. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 10.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

#### 10.1.1. Показатели оценивания компетенций на этапах их формирования

Код компетенции (этап освоения)	Показатели оценивания компетенций	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
ОПК-4(1)	1.Ориентируется в построении уравнений для описания основных процессов тепло- и массопереноса при получении продуктов тонкого органического синтеза. 2. Производит расчеты процессов тепло- и массопереноса в оборудовании для получения продуктов тонкого органического синтеза. 3.Демонстрирует знания профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов.	1.Устное собеседование  2.Практическое задание	1.Перечень вопросов к экзамену (30 вопросов)  2.Практические типовые задания (15 задач)

Код компетенции (этап освоения)	Показатели оценивания компетенций	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
ОПК-5 (1,2,3)	1.Ориентируется в основных положениях защиты объектов интеллектуальной собственности и коммерциализации прав на объекты интеллектуальной собственности. 2. Осуществляет защиту объектов интеллектуальной собственности и коммерциализации прав на объекты интеллектуальной собственности. 3.Демонстрирует приемы защиты объектов интеллектуальной собственности и коммерциализации прав на объекты интеллектуальной собственности.	1.Устное собеседование  2.Практическое задание	1.Перечень вопросов к экзамену (30 вопросов)  2.Практические типовые задания (15 задач)
ПК-4(1)	1.Ориентируется в оборудовании для получения продуктов тонкого органического синтеза. 2. Выбирает тип и марку оборудования, предназначенного для получения продуктов тонкого органического синтеза. 3. Владеет знаниями профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов.	1.Устное собеседование  2.Практическое задание	1.Перечень вопросов к экзамену (30 вопросов)  2.Практические типовые задания (15 задач)
ПК-5 (1)	1.Ориентируется в тенденциях и перспективах развития современных мероприятий по комплексному использованию сырья, по замене дефицитных материалов и изысканию способов утилизации отходов производства, к исследованию причин брака в производстве и разработке предложений по его предупреждению и устранению. 2. Использует численные методы для решения задач оптимизации процессов тепло- и массопереноса в оборудовании для получения продуктов тонкого органического синтеза. 3.Демонстрирует методы построения математических моделей процессов химической технологии для последующей их оптимизации.	1.Устное собеседование  2.Практическое задание	1.Перечень вопросов к экзамену (30 вопросов)  2.Практические типовые задания (15 задач)

### 10.1.2. Описание шкал и критериев оценивания сформированности компетенций

#### Критерии оценивания сформированности компетенций

Оценка по традиционной шкале	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Практическое задание
отлично	Обучающийся показывает всесторонние знания в области процессов и аппаратного их оформления. Владеет основными понятиями и терминологией во время ответов. Хорошо знаком с основной и дополнительной литературой. Целеустремленно использует и применяет базовые знания в области	Обучающийся показывает всесторонние знания в области процессов и аппаратного их оформления. Владеет основными понятиями и терминологией во время ответов. Хорошо знаком с основной и дополнительной литературой. Целеустремленно использует и применяет базовые знания в области



	физико-математических наук. Проявляет эрудицию при работе с учебным материалом.	физико-математических наук. Проявляет эрудицию при работе с учебным материалом.
хорошо	Обучающийся показывает достаточный уровень знаний по основам теории процессов. В целом разбирается в терминологии. Усвоил основную литературу; допускает некоторые погрешности и несущественные ошибки в ответах на вопросы экзаменационного билета и в ответах на дополнительные вопросы преподавателя.	Обучающийся показывает достаточный уровень знаний по основам теории процессов. В целом разбирается в терминологии. Усвоил основную литературу; допускает некоторые погрешности и несущественные ошибки в ответах на вопросы экзаменационного билета и в ответах на дополнительные вопросы преподавателя.
удовлетворительно	Обучающийся показывает знания учебного материала из лекций и основной литературы. В целом показывает знания базовых законов по гидравлическим, тепловым и массообменным процессам. Допускает существенные ошибки в ответах, но может их устранить под руководством преподавателя.	Обучающийся показывает знания учебного материала из лекций и основной литературы. В целом показывает знания базовых законов по гидравлическим, тепловым и массообменным процессам. Допускает существенные ошибки в ответах, но может их устранить под руководством преподавателя.
неудовлетворительно	Обучающийся не имеет достаточного уровня знаний дисциплины. Путается в понятиях, терминологии и формулировках. Плохо знает литературу. Допускает существенные и принципиальные ошибки и не может их устранить даже с помощью преподавателя. Списывание, попытка использования неразрешенных технических средств или подсказки другого человека.	Обучающийся не имеет достаточного уровня знаний дисциплины. Путается в понятиях, терминологии и формулировках. Плохо знает литературу. Допускает существенные и принципиальные ошибки и не может их устранить даже с помощью преподавателя. Списывание, попытка использования неразрешенных технических средств или подсказки другого человека.

## 10.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

### 10.2.1. Перечень вопросов, разработанный в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

№ п/п	Формулировка вопросов	№ темы
1	Структура и характеристики капиллярно-пористых материалов	1
2	Механизм переноса массы в макрокапиллярах	1
3	Массоперенос в микрокапиллярах. Кнудсеновская диффузия.	2
4	Массопроводность реального капиллярно-пористого тела. Критерий Био.	2
5	Уравнение стационарной диффузии для цилиндрического капиллярно-пористого тела.	2
6	Актуальные проблемы, связанные с экстракцией ценных компонентов из древесины лиственницы.	3
7	Экстрактивные вещества древесины лиственницы.	3
8	Физико-механические свойства древесины лиственницы.	3
9	Извлечение экстрактивных веществ.	3
10	Влияние различных факторов на процесс экстракции.	3
11	Теоретические представления о механизме пульсационных явлений.	3
12	Описание экспериментальных установок.	3
13	Методики проведения экстракции из древесины лиственницы.	4
14	Практическое применение полученных результатов	4
15	Расчёт экономической эффективности экстракционной установки.	4
16	Сравнительная оценка способов экстракции древесины лиственницы.	4
17	Пути повышения эффективности процесса экстракции.	4
18	Способы сушки. Конвективная сушка и сушильные агенты.	5
19	Исследование кинетики сушки дисперсных материалов.	5
20	Параметры влажного воздуха. Диаграмма Рамзина.	5
21	Материальный и тепловой баланс сушильных установок.	5
22	Природные и синтетические сорбенты. Структура сорбентов.	6

23	Изотермы адсорбцию Уравнения Лэнгмюра, Фрейндлиха.	6
24	Микропористые сорбенты. Уравнение Дубинина.	6
25	Кинетика адсорбции.	6
26	Динамика адсорбции. Уравнение Шилова.	6
27	Схемы конструкций адсорберов.	6
28	Математическое описание и расчеты адсорбционных установок.	6
29	Расчеты адсорбционных установок с движущимся слоем адсорбента.	6
30	Расчеты адсорбционных установок с кипящим слоем адсорбента.	6

### 10.2.2. Вариант типовых заданий (разработанных в соответствии с установленными этапами формирования компетенций)

№ п/п	Условия типовых заданий	Ответ
1	Определить по I-x диаграмме Рамзина энтальпию воздуха при 60°C и $\phi = 0,3$	163 кДж/кг
2	Для получения разбавленного раствора минеральная соль интенсивно размещивается с водой при 64° С посредством лопастной мешалки. Какова частота вращения мешалки, если ее диаметр 0,5 м, а мощность, потребляемая электродвигателем, 0,8 кВт.	4об/с
3	Влажный материал с начальной влажностью 33%, критической 17% и равновесной 2%, высушивается при постоянных условиях сушки до 9% влажности в течение 8 ч. Определить продолжительность сушки до 3% влажности в тех же условиях. Влажность дана в процентах от массы абсолютно сухого вещества.	16,5 ч.

### 10.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности), характеризующих этапы формирования компетенций

#### 10.3.1. Условия допуска обучающегося к сдаче экзамена и порядок ликвидации академической задолженности

Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся

#### 10.3.2. Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

устная  письменная  компьютерное тестирование  иная

#### 10.3.3. Особенности проведения экзамена

Возможность пользоваться справочными таблицами, калькулятором;  
 Время на подготовку ответа по билету 45 минут