

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**  
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института строительного  
материаловедения и техносферной  
безопасности  
  
В.И. Павленко

« 16 » апреля 2015

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**дисциплины**

Процессы и аппараты химической технологии

направление подготовки:

18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,  
нефтехимии и биотехнологии

Направленность программы:

Рациональное использование материальных и энергетических ресурсов в  
химической технологии вяжущих материалов

Квалификация

бакалавр

Форма обучения

очная

**Институт:** Строительного материаловедения и техносферной безопасности

**Кафедра:** Технологии цемента и композиционных материалов

Белгород – 2015

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии (уровень бакалавриата), утвержденного Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 12 марта 2015 г., № 227.
- плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2015 году.

Составитель: к.т.н., доцент \_\_\_\_\_ (А.В. Черкасов)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой  
Технологии цемента и композиционных материалов  
(наименование кафедры)

Заведующий кафедрой: д.т.н., проф. \_\_\_\_\_ (И. Н. Борисов)  
(ученая степень и звание, подпись) \_\_\_\_\_ (инициалы, фамилия)

« 14 » апреля 2015 г.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

« 14 » апреля 2015 г., протокол № 10

Заведующий кафедрой: д.т.н., проф. \_\_\_\_\_ (И. Н. Борисов)  
(ученая степень и звание, подпись) \_\_\_\_\_ (инициалы, фамилия)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 15 » апреля 2015 г., протокол № 8

Председатель \_\_\_\_\_ (Л. А. Порожнюк)  
(ученая степень и звание, подпись) \_\_\_\_\_ (инициалы, фамилия)

## Отзыв

на рабочую программу учебной дисциплины высшего образования «Процессы и аппараты химической технологии», направление подготовки: 18.03.02 «Энерго-и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии», профиль 18.03.02-01 «Рациональное использование материальных и энергетических ресурсов в химической технологии вяжущих материалов».

Учебная дисциплина «Процессы и аппараты химической технологии» преподается в Белгородском государственном технологическом университете им. В.Г. Шухова на кафедре «Технологии цемента и композиционных материалов» (автор к.т.н. доцент, Черкасов А.В.). Объем учебной дисциплины: 11 зач. единиц, 396 часов. Дисциплина включает 68 час лекционных занятий, лабораторных 68 часа и 34 часа практических занятий, курсовой проект и завершается дисциплина сдачей экзамена.

Изучение дисциплины необходимо для осознанного восприятия следующих специальных дисциплин «Технология цемента», «Энергосбережение в производстве цемента», «Управление технологическим процессом производства цемента». Программой дисциплины предусмотрено изучение теории процессов химической технологии законы, их описывающие; конструкции аппаратов и принцип их работы. Классификация основных процессов, методы составления и решения уравнений материального и теплового балансов основных процессов, определения движущей силы, расчета скорости процессов. Основы теплопередачи в химической аппаратуре.

Особое место дисциплины занимает изучение физико-химических тепловых процессов при тепловой обработке сырья для получения вяжущих материалов, закономерностей процессов сушки, обжига, спекания и охлаждения, типов и конструкций установок для тепловой обработки и оборудования, обеспечивающего получение вяжущих материалов, режимов и параметров их работы. Лекционный материал сопровождается подбором задач для соответствующих разделов изучаемой дисциплины, тематика и направленность которых имеет прямое практическое применение на производстве. Тематика курсовых проектов полностью соответствует профилю дисциплины и отражает энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии производства вяжущих и композиционных материалов.

Учебная дисциплина обеспечена учебной литературой всех видов занятий. Кафедра ТЦКМ имеет достаточную базу для их проведения, 2 компьютерных класса с соответствующим программами по расчету состава сырьевых смесей, тепловых балансов вращающихся печей, комплект модельных установок и оборудования заводов по производству вяжущих материалов.

Рабочая программа учебной дисциплины полностью соответствует требованиям Федерального государственного стандарта высшего образования по направлению 18.03.02 «Энерго-и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» (уровень бакалавриата), профиль 18.03.02-01 «Рациональное использование материальных и энергетических ресурсов в химической технологии вяжущих материалов» и позволяет студентам в полной мере овладеть общекультурными, общепрофессиональными и профессиональными компетенциями.

Рецензент, главный технолог

АО «ХайделбергЦемент Волга» г. Вольск, Саратовская область \_\_\_\_\_ А.П. Ракул



# 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Формируемые компетенции			Требования к результатам обучения
№	Код компетенции	Компетенция	
Общекультурные			
1	ОК-7	Способность к самоорганизации и самообразованию	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b> основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности</p> <p><b>Уметь:</b> использовать методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования;</p> <p><b>Владеть:</b> Основами физического и математического моделирования.</p>
Общепрофессиональные			
1	ОПК-2	Способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b> Классификацию основных процессов, особенности нового оборудования и условия его эксплуатации, а также назначение, принцип устройства и работы, основные характеристики и оптимальные условия работы типовых аппаратов и вспомогательного оборудования. Основы теплопередачи в химической аппаратуре. Методы составления и решения уравнений материального и теплового балансов основных процессов, определения движущей силы, расчета скорости процессов</p> <p><b>Уметь:</b> пользоваться справочной и научной литературой по всем разделам дисциплины; осуществлять типовые гидродинамические, тепловые, массообменные расчёты, обосновывать конкретные технические решения при разработке технологических процессов; выбирать технические средства и технологии.</p> <p><b>Владеть:</b> методами технико-экономической оценки процессов с целью обоснованного выбора стандартных аппаратов направленных на минимизацию антропогенного воздействия на окружающую среду.</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Содержание дисциплины основывается и является логическим продолжением следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Математика
2	Физика
3	Общая и неорганическая химия
4	Информатика

Содержание дисциплины служит основой для изучения следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Общая химическая технология.
2	Моделирование химико-технологических процессов.
3	Химические реакторы.
4	Тепловые процессы и технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов.

## 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 11 зач. единиц, 396 часов.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 5
Общая трудоемкость дисциплины, час	396	396
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	170	170
лекции	68	68
лабораторные	68	68
практические	34	34
<b>Самостоятельная работа студентов, в том числе:</b>	226	226
Курсовой проект		
Курсовая работа	36	36
Расчетно-графическое задания		
Индивидуальное домашнее задание		
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	154	154
Форма промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	36	36

**4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**4.1 Наименование тем, их содержание и объем**  
**Курс\_3\_ Семестр\_5\_\_**

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
<u>Модуль 1: Основы гидравлики.</u>					
	<p>Классификация основных процессов. Основные определения.</p> <p>Процессы и аппараты химической технологии как наука: история её развития. Классификация основных процессов: непрерывные, периодические, комбинированные, стационарные, нестационарные, гидромеханические, тепло– и массообменные. Физические свойства жидкости.</p> <p>Принципы расчета процессов и аппаратов: материальный и тепловой балансы; движущая сила процесса, интенсивность протекания и коэффициент интенсивности: расчет теоретически необходимых, объема или поверхности аппарата: технико-экономический расчет.</p> <p>Основы теории переноса количества движения, тепловой энергии, количества вещества. Конвекция и молекулярная диффузия, уравнения, их описывающие. Аналогия процессов переноса субстанции. Обобщенные уравнения переноса.</p> <p>Основы физического и математического моделирования. Понятие констант и инвариантов подобия: симплексы и комплексы подобия: определяющие и определяемые критерии подобия. Метод анализа размерностей.</p>	10	4	10	
<u>Модуль 2: Гидростатика.</u>					
	<p>Гидростатика. Дифференциальное уравнение равновесия Эйлера. Основное уравнение гидростатики, закон Паскаля. Практическое применение основного уравнения гидростатики: пьезометр, манометр, принцип сообщающихся сосудов, тяга дымовой трубы.</p>	8	4	8	
<u>Модуль 3: Гидродинамика.</u>					
	<p>Гидродинамика. Основные характеристики движения жидкости: скорости потока, объемный и массовый расходы: динамическая и кинематическая вязкости, закон Ньютона, виды и области применения вискозиметров: режимы движения жидкости.</p>	10	6	10	

	<p>Гидродинамические критерии подобия: основные и производственные. Уравнение расхода и неразрывности потока.</p> <p>Дифференциальное уравнение движения идеальных жидкостей Эйлера.</p> <p>Уравнения для идеальных и реальных жидкостей, их физический и энергетический смыслы. Практическое применение уравнения Бернулли; измерение скорости и расхода жидкости: истечение жидкости через отверстия.</p> <p>Гидродинамическая структура потока. Строение пограничного слоя по Прандтлю. Гидравлические сопротивления трубопроводов - местные и трения. Влияние режима движения на сопротивление трения. Выбор оптимального диаметра трубопроводов.</p> <p>Влияние режимов течения на скорость движения двухфазных потоков. Гидродинамика "кипящего" слоя. Сопротивление взвешенного слоя. Пневмо – и гидротранспорт.</p>				
<u>Модуль 4: Перемещение жидкостей.</u>					
	<p>Насосы центробежные, поршневые, специальные виды. Параметры работы насосов. Работа насосов на сеть. Принципы их подбора. Классификация машин для перемещения жидкостей и сжатия газов.</p> <p>Вентиляторы и дымососы. Характеристики их работы. Расчет и выбор центробежных вентиляторов.</p>	8	4	8	
<u>Модуль 5: Разделение неоднородных систем.</u>					
	<p>Классификация гетерогенных систем. Виды гидромеханических процессов разделения жидких неоднородных систем. Перемешивание в жидких средах. Механическое перемешивание. Виды и области применения мешалок. Разделение под действием гравитационных сил. Процесс осаждения, его движущая сила. Закон Стокса. Пути интенсификации процесса осаждения. Отстойники.</p> <p>Центрифугирование. Центрифуги: отстойные и фильтрующие. Фактор разделения, его физический смысл. Интенсификация процессов центрифугирования. Гидроциклоны, области их применения.</p> <p>Процесс фильтрования, общие сведения. Движущая сила процесса фильтрования, пути ее создания. Классификация и области применения фильтровальных перегородок. Уравнение Дарси. Определение констант процесса Фильтрования. Пути интенсификации процесса.</p> <p>Разделение газовых неоднородных систем. Степень разделения. Разделение запыленных газов методом осаждения. Пылеосадительные камеры.</p> <p>Разделение запыленных газов под действием центробежных сил. Жалюзийный пылеосадитель. Циклоны, устройство и принцип действия. Расчет и</p>	10	6	10	

	<p>подбор циклонов. Очистка газов фильтрованием. Рукавные фильтры. Расчет и подбор; рукавных фильтров. Мокрая очистка запыленных газов. Электрофильтры, устройство и принцип действия. Влияние проводимости пыли на процесс разделения запыленных газов.</p>				
<u>Модуль 6: Основы теплопередачи в химической аппаратуре.</u>					
	<p>Общие сведения. Температурное поле, температурный градиент. Классификация теплообменных процессов. Виды и области применения теплоносителей. Тепловые балансы. Передача тепла теплопроводностью. Закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Теплопроводность плоских и цилиндрических стенок: одно- и многослойных. Расчет тепловой изоляции. Тепловое излучение. Закон Стефана. Закон Кирхгофа. Взаимное излучение двух твёрдых тел. Передача тепла конвекцией (конвективный теплообмен). Закон теплоотдачи Ньютона. Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена. Теплоотдача, её виды. Тепловой пограничный слой. Тепловые критерии подобия. Расчёт коэффициентов теплоотдачи. Значения коэффициентов теплоотдачи в промышленных теплообменных процессах. Расчет потерь тепла совместно конвекцией и излучением. Теплопередача. Аддитивность термических сопротивлений. Основное уравнение теплопередачи. Движущая сила процесса. Нагревание, охлаждение, конденсация. Общие сведения. Конструкции теплообменных аппаратов. Расчет теплообменных аппаратов. Нестационарный теплообмен. Выпаривание, общие сведения.</p>	12	6	12	
<u>Модуль 7: Основы массопередачи.</u>					
	<p>Виды процессов массопередачи. Способы выражения состава фаз. Равновесие при массопередаче. Материальный баланс. Рабочая и равновесная концентрации. Рабочая и равновесная линии. Определение направленности массопереноса. Скорость массопередачи. Молекулярная диффузия. Турбулентная диффузия. Конвективный массоперенос. Дифференциальное уравнение конвективной диффузии. Механизм процесса массопереноса. Модели процессов массопереноса. Массоотдача. Основное уравнение массоотдачи. Подobie процессов переноса массы. Массопередача. Уравнение массопередачи. Движущая сила процессов массопередачи. Аддитивность диффузионных сопротивлений. Объемные коэффициенты массоотдачи и массопередачи. Пути интенсификации массообменных процессов. Расчет основных размеров массообменных аппаратов. Абсорбция, основные понятия. Перегонка жидкостей, основные понятия. Ректификация, основные понятия.</p>	10	4	10	



	<p>Экстракция, основные понятия.</p> <p>Сушка. Классификация сушильных процессов. Виды связи влаги с материалом. Основные параметры влажного воздуха. I-x диаграмма Рамзина. Увлажнение и сушка воздуха. Материальный и тепловой балансы сушки. Параметры влажного материала. Кинетика сушки. Кинетические кривые. Изотерма сушки. Термодиффузия. Пути интенсификации процесса сушки. Удельная производительность по влаге и ее регулирование.</p> <p>Варианты процессов сушки. Устройство сушильных установок (туннельные, барабанные, сушилки «кипящего слоя», распылительные, высокочастотные).</p> <p>Мембранные процессы. Основные мембранные методы разделения. Основное уравнение мембранных процессов, движущая сила процесса. Аппараты для обратного осмоса и ультрафильтрации. Диализ, электродиализ.</p>				
ВСЕГО		68	34	68	

#### 4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во лекц. часов	К-во часов СРС
семестр № 5_				
1	Уравнение расхода и неразрывности потока.	Расчёт расходов, скоростей.	4	8
2	Режимы движения жидкостей.	Эквивалентный диаметр и гидравлический радиус.	4	8
3	Уравнение Бернулли.	Уравнение Бернулли. Гидравлические сопротивления.	4	8
4.	Насосы, вентиляторы дымососы.	Расчёт полных гидравлических сопротивлений сети, подбор вентиляторов и дымососов	4	8
5.	Разделение гетерогенных систем.	Расчёт и подбор циклонов.	4	8
6.	Разделение неоднородных систем	Расчет и подбор рукавных фильтров.	4	8
7.	Тепловой баланс теплообменников.	Теплопроводность. Теплоотдача. Теплопередача.	4	8
8.	Сушка. тепловой баланс.	I-x диаграмма Рамзина.	4	8
9.	Основы теплопередачи	Расчет потерь тепла совместно конвекцией и излучением.	2	8
ИТОГО:				34
ВСЕГО:				106

### 4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во лекц. часов	К-во часов СРС
семестр №_5_				
1	Вводное занятие.	Инструктаж по технике безопасности. Основные уравнения гидростатики.	4	4
2	Гидродинамика.	Режимы движения жидкости. Гидравлическое сопротивление трубопроводов. Гидравлика «кипящего слоя». Защита лабораторных работ	4 4 4 4	4 4 4 4
3	Перемещение жидкостей.	Определение характеристик центробежного вентилятора.	4	4
4	Разделение неоднородных систем.	Разделение суспензий в отстойной центрифуге. Разделение суспензий в процессе фильтрования. Защита лабораторных работ	4 4 4	4 4 4
5	Основы теплопередачи в химической аппаратуре.	Изучение процесса теплопроводности. Исследование процесса теплопередачи. Защита лабораторных работ	4 4 4	4 4 4
6	Основы массопередачи.	Изучение процесса массопередачи. Основные параметры влажного воздуха. Исследование кинетики сушки. Изучение процесса конвективной сушки. Защита лабораторных работ	4 4 4 4 4	4 4 4 4 4
			ИТОГО:	68
			ВСЕГО:	136

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Основы гидравлики	1. Основы гидравлики. Основные определения и некоторые физические свойства жидкости. 2. Основы теории переноса количества движения, тепловой энергии, количества вещества. Конвекция и молекулярная диффузия, уравнения, их описывающие. 3. Основы физического и математического моделирования. 4. Понятие констант и инвариантов подобия: симплексы и комплексы подобия: определяющие и определяемые критерии подобия.
2	Гидростатика	1. Основное уравнение гидростатики. 2. Практическое применение основного уравнения гидростатики.

3	Гидродинамика	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основные характеристики движения жидкости. Закон внутреннего трения Ньютона.</li> <li>2. Режимы движения жидкостей. Механизмы ламинарного и турбулентного движения. Гидродинамический пограничный слой.</li> <li>3. Уравнение расхода и неразрывности потока. Способы расчета и определения расхода жидкостей.</li> </ol>
4.	Перемещение жидкостей.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Выбор оптимального диаметра трубопроводов.</li> <li>2. Дифференциальное уравнение движения реальной жидкости.</li> <li>3. Уравнение Бернулли для идеальных и реальных жидкостей.</li> <li>4. Практическое применение уравнения Бернулли. Истечение жидкости через отверстия.</li> <li>5. Гидравлическое сопротивление трубопроводов и аппаратов. Расчет потерь давления на местные сопротивления.</li> <li>6. Сопротивления трения. Расчет коэффициентов гидравлического трения. Влияние режимов течения и шероховатости на гидравлическое трение.</li> </ol>
5.	Разделение неоднородных систем.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Перемещение жидкостей. Классификация машин для перемещения жидкостей. Основные параметры работы насосов.</li> <li>2. Центробежный насос, характеристики его работы. Работа насосов на сеть.</li> <li>3. Принципы подбора центробежных машин. Законы пропорциональности.</li> <li>4. Поршневые насосы. Неравномерность подачи и способы ее ликвидации. Напор поршневых насосов.</li> <li>5. Движение тел в сплошных средах. Влияние режима движения на гидродинамику двухфазных потоков.</li> <li>6. Классификация гетерогенных систем. Гидромеханические методы их разделения.</li> <li>7. Осаждение частиц под действием сил тяжести. Факторы, влияющие на скорость процесса. Интенсификация процессов осаждения.</li> <li>8. Разделение в поле действия центробежных сил. Гидроциклоны.</li> <li>9. Циклоны, устройство и принцип действия. Расчет и подбор циклонов.</li> <li>10. Процесс центрифугирования и способы его интенсификации.</li> <li>11. Фильтрация гетерогенных систем. Классификация фильтровальных перегородок.</li> <li>12. Скорость процесса фильтрации, способы её ускорения. Константы процесса фильтрации, метод их определения.</li> </ol>
6.	Перемешивание в жидких средах.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Гидродинамика взвешенного слоя. Области применения и физическая сущность гидротранспорта.</li> <li>2. Перемешивание в жидких средах. Общие сведения.</li> <li>3. Механическое перемешивание. Интенсивность и эффективность процесса перемешивания. Критерии подобия. Критерий мощности. Виды и области применения мешалок. Расчет и подбор мешалок.</li> </ol>

7.	Основы теплопередачи в химической аппаратуре.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основы теплопередачи в химической аппаратуре. Общие сведения. Температурное поле, температурный градиент.</li> <li>2. Классификация теплообменных процессов. Виды и области применения теплоносителей.</li> <li>3. Тепловые балансы теплообменников.</li> <li>4. Передача тепла теплопроводностью. Закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности.</li> <li>5. Теплопроводность плоских и цилиндрических стенок: одно- и многослойных. Расчет тепловой изоляции.</li> <li>6. Тепловое излучение. Закон Стефана. Закон Кирхгофа. Взаимное излучение двух твёрдых тел.</li> <li>7. Передача тепла конвекцией (конвективный теплообмен). Закон теплоотдачи Ньютона.</li> <li>8. Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена.</li> <li>9. Теплоотдача, её виды. Тепловой пограничный слой.</li> <li>10. Тепловые критерии подобия.</li> <li>11. Расчёт коэффициентов теплоотдачи. Значения коэффициентов теплоотдачи в промышленных теплообменных процессах.</li> <li>12. Расчет потерь тепла совместно конвекцией и излучением.</li> <li>13. Теплопередача. Основное уравнение теплопередачи. Движущая сила процесса.</li> <li>14. Аддитивность термических сопротивлений. Расчет теплообменных аппаратов.</li> <li>15. Нестационарный теплообмен.</li> </ol>
8.	Основы массопередачи.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основы массопередачи. Общие сведения. Виды процессов массопередачи.</li> <li>2. Способы выражения состава фаз. Равновесие при массопередаче. Материальный баланс.</li> <li>5. Рабочая и равновесная концентрации. Рабочая и равновесная линии. Определение направленности массопереноса. Скорость массопередачи. Молекулярная диффузия. Турбулентная диффузия. Конвективный массоперенос.</li> <li>6. Дифференциальное уравнение конвективной диффузии.</li> <li>7. Механизм процесса массопереноса. Модели процессов массопереноса.</li> <li>8. Массоотдача. Основное уравнение массоотдачи.</li> <li>9. Подобие процессов переноса массы.</li> <li>10. Массопередача. Уравнение массопередачи. Движущая сила процессов массопередачи. Аддитивность диффузионных сопротивлений.</li> <li>11. Расчёт основных размеров массообменных аппаратов. Объемные коэффициенты массоотдачи и массопередачи. Пути интенсификации массообменных процессов.</li> <li>12. Абсорбция, основные понятия.</li> <li>13. Перегонка жидкостей, основные понятия.</li> </ol>

		<p>14. Ректификация, основные понятия.</p> <p>15. Экстракция, основные понятия.</p> <p>16. Сушка. Классификация сушильных процессов. Виды связи влаги с материалом.</p> <p>17. Основные параметры влажного воздуха. I-x диаграмма Рамзина.</p> <p>18. Увлажнение и сушка воздуха.</p> <p>19. Материальный и тепловой балансы сушки.</p> <p>20. Параметры влажного материала. Кинетика сушки. Кинетические кривые.</p> <p>21. Изотерма сушки. Термодиффузия.</p> <p>22. Пути интенсификации процесса сушки. Удельная производительность по влаге и ее регулирование.</p> <p>23. Варианты процессов сушки.</p> <p>24. Устройство сушильных установок (туннельные, барабанные, сушилки «кипящего слоя», распылительные, высокочастотные).</p> <p>25. Основные мембранные методы разделения. Основное уравнение мембранных процессов, движущая сила процесса.</p> <p>26. Аппараты для обратного осмоса и ультрафильтрации.</p> <p>27. Диализ, электродиализ.</p>
--	--	--

## **5.2. Перечень тем курсовых проектов, курсовых работ, их краткое содержание и объем.**

Расчетная часть включает в себя: введение, где необходимо указать достоинства и недостатки данного сушильного аппарата, объяснить выбранную схему подачи высушиваемого материала и сушильного агента, описать технологическую схему сушильной установки; материальный и тепловой балансы сушилки; построение процесса сушки на I-X диаграмме для летних и зимних условий; расчет и подбор вспомогательного оборудования; список используемой литературы.

Построенная I-X диаграмма обязательно подшивается в расчетно-пояснительную записку. Схема сушилки выполняется на листе Формата А-О или А-3.

Тема: Рассчитать и спроектировать барабанную сушилку

Варианты 00-09

Рассчитать и спроектировать барабанную сушилку для сушки кускового мела производительностью  $G_1$  (по влажному материалу). Мел высушивается от  $U_1$  до  $U_2$  (считая на общую массу). В сушилке осуществляется нормальный сушильный вариант. Температура воздуха на входе в сушилку  $t_1$ , на выходе –  $t_2$ . Давление пара в калорифере  $P$ . Исходные данные приведены в табл. 1.

Таблица 1

№ п/п	Место строительства	$G_1$ , т/ч	$U_1$ , %	$U_2$ , %	$t_1$ , °C	$t_2$ , °C	$P$ , кгс/см <sup>2</sup>
00.	Архангельск	0,5	8	0,8	105	40	1,5
01.	Брянск	0,6	9	0,9	110	40	1,7
02.	Вологда	0,7	10	1,0	115	40	1,9
03.	Воронеж	0,8	11	1,1	120	45	2,5
04.	Иваново	0,9	12	1,2	125	50	3,0
05.	Вятка (Киров)	1,0	13	1,3	130	55	3,5
06.	Курск	1,1	14	1,4	135	60	4,0
07.	Орел	1,2	15	1,5	140	65	4,5
08.	Тамбов	1,3	16	1,6	145	70	5,0
09.	Харьков	1,4	17	1,7	150	75	5,5

Тема: Рассчитать и спроектировать сушилку "кипящего слоя"

Варианты 10-19

Рассчитать и спроектировать сушилку "кипящего слоя" для сушки каменной соли производительностью  $G_1$  (по высушенному материалу). Соль высушивается от  $U_1$  до  $U_2$  (считая на общую массу). Температура разбавленного воздухом топочных газов (продукт сгорания топлива - выбор по месту строительства) –  $t_1$ , температура отходящих газов –  $t_2$ . Исходные данные приведены в табл.2.

Таблица 2

№ п/п	Место строительства	$G_1$ , т/ч	$U_1$ , %	$U_2$ , %	$t_1$ , °C	$t_2$ , °C
10.	Астрахань	15	7	0,4	700	115
11.	Баку	16	8	0,5	725	120
12.	Владивосток	17	9	0,6	750	125
13.	Казань	18	10	0,7	775	130
14.	Красноводск	19	11	0,8	800	130
15.	Николаев	20	12	0,9	825	135
16.	Одесса	21	13	0,8	800	125
17.	Пермь	22	14	0,7	775	120
18.	Ростов-на-Дону	23	15	0,6	750	115
19.	Томск	24	16	0,5	725	110

Тема: Рассчитать и спроектировать башенную распылительную сушилку

Варианты 20-29

Рассчитать и спроектировать башенную распылительную сушилку производительностью  $G_2$  (по высушенному материалу) для сушки глиняного шликера от  $U_1$  до  $U_2$  (нормальный сушильный вариант). Воздух на входе в сушилку имеет температуру  $t_1$ , на выходе –  $t_2$ . Давление пара в калорифере  $P$ . Исходные данные приведены в табл. 3.

Таблица 3

№ п/п	Место строительства	$G_2$ , т/ч	$U_1$ , %	$U_2$ , %	$t_1$ , °C	$t_2$ , °C	$P$ , кгс/см <sup>2</sup>
20.	Алма-Ата	0,8	45	3,0	120	60	3,0
21.	Ашхабад	0,9	46	3,5	130	65	3,5
22.	Баку	1,0	47	4,0	140	70	4,5
23.	Киев	1,1	48	4,5	150	75	5,5

24.	Минск	1,2	49	5,0	160	80	7,0
25.	Ташкент	1,1	50	4,5	170	85	9,5
26.	Тбилиси	1,0	51	4,0	160	80	7,0
27.	Харьков	0,9	52	3,5	150	75	5,5
28.	Воронеж	0,8	53	3,0	140	70	4,5
29.	Чита	0,75	54	5,0	130	65	3,5

Тема: Рассчитать и спроектировать туннельную сушилку

Варианты 30-39

Рассчитать и спроектировать туннельную сушилку для сушки глиняного кирпича-сырца производительностью  $G_1$  (по влажному материалу) от влажности  $U_1$  до  $U_2$ . Сушка производится, нагретым до температуры  $t_1$ , воздухом. Температура отходящих газов –  $t_3$ . Давление пара в калорифере  $P$ . Исходные данные приведены в табл. 4.

Таблица 4

№ п/п	Место строительства	$G_1$ , т/год	$U_1$ , %	$U_2$ , %	$t_1$ , °C	$t_2$ , °C	$P$ , кгс/см <sup>2</sup>
30	Баку	10000	22,5	7,7	75	40	1,0
31	Волгоград	12000	22,0	7,4	80	40	1,0
32	Воронеж	14000	21,5	7,1	85	40	1,0
33	Грозный	16000	21,0	6,8	90	45	1,2
34	Днепропетровск	18000	20,5	6,5	95	45	1,2
35	Киев	20000	20,0	6,2	100	45	1,2
36	Краснодар	22000	19,5	5,9	95	45	1,2
37	Минск	24000	19,0	5,6	90	40	1,2
38	Харьков	26000	18,5	5,3	85	40	1,0
39	Чита	28000	18,0	5,0	80	40	1,0

Тема: Рассчитать и спроектировать сушилку "кипящего слоя"

Варианты 40-49

Рассчитать и спроектировать сушилку "кипящего слоя" для сушки песка производительностью  $G_2$  (считать по высушенному материалу) от влажности  $U_1$  до  $U_2$ . Сушка производится воздухом с начальной температурой  $t_1$ , конечной –  $t_2$ . Давление пара в калорифере  $P$ . Данные приведены в табл. 5.

Таблица 5

№ п/п	Место строительства	$G_2$ , т/ч	$U_1$ , %	$U_2$ , %	$t_1$ , °C	$t_2$ , %	$P$ , кгс/см <sup>2</sup>
40	Алма-Ата	4,0	5,0	0,3	110	60	2,0
41	Астрахань	4,5	5,5	0,3	115	63	2,5
42	Ашхабад	5,0	6,0	0,4	120	66	3,0
43	Баку	5,5	6,5	0,4	125	69	3,5
44	Благовещенск	6,0	7,0	0,5	130	72	4,0
45	Владивосток	6,5	7,5	0,5	135	75	4,5
46	Иваново	7,0	8,5	0,6	130	72	4,0
47	Иркутск	7,5	9,0	0,6	125	69	3,5
48	Кутаиси	8,0	9,5	0,7	120	66	3,0
49	Москва	8,5	10,0	0,7	115	63	2,5

### 5.3. Перечень индивидуальных домашних заданий, расчетно-графических заданий.

Не предусмотрено планом

## **6. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

### **6.1. Перечень основной литературы**

1. *Касаткин А.Г.* Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Альянс. – 2004. – 750 с.
2. Смаль Д.В., Черкасов А.В. Процессы и аппараты химической технологии. (Учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению 18.03.01, 18.03.02). - Белгород : Изд-во БГТУ, 2016. – Ч-1.- 77 с.
3. Смаль Д.В., Черкасов А.В. Процессы и аппараты химической технологии. (Учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению 18.03.01, 18.03.02). - Белгород : Изд-во БГТУ, 2017. – Ч-2.- 114 с.
4. *Шахова Л.Д., Яшуркаева Л.И., Луценко О.В.* Расчёт и проектирование сушильных установок. (Учебное пособие для специальности 270106 «Производство строительных материалов, изделий и конструкций направления 270100 «Строительство» (с грифом УМО)). Издательство. Белгород 2010. – 128 с.
5. Черкасов А.В., Смаль Д.В. Гидромеханические и гидростатические процессы: (методические указания к выполнению практических работ по направлению 241000.62 - Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии). – Белгород: Изд-во БГТУ, 2014.-18с.
6. Черкасов А.В., Смаль Д.В. Тепловые и массообменные процессы: (методические указания к выполнению практических работ по направлению 241000.62 - Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии). – Белгород: Изд-во БГТУ, 2014.-16с.

### **6.2. Перечень дополнительной литературы**

#### **Дополнительная литература**

1. *Анштейн В.Г.* Общий курс процессов и аппаратов химической технологии: В 2 кн. Кн.1/ В.Г. Анштейн. – М.: Логос, 2002. – 912 с
2. *Баранов Д.А.* Процессы и аппараты химической технологии. Явления переноса, макрокинетика, подобие, моделирование, проектирование: В 5 т. Т. 2: Механические и гидромеханические процессы/ Д.А. Баранов. – М.: Логос, 2002. – 600 с.
3. *Павлов К.Ф. , Романков П.Г, Носков А.А.* Примеры и задачи по курсу «Процессы и аппараты химической технологии». М.: Химия.- 1987.-575 с.
4. *Дытнерский Ю.П.* Процессы и аппараты химической технологии: В 2 т. Т. 2: Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты/ Ю.П Дытнерский . – М.: Химия, 2002. – 400 с.

#### **Справочная и нормативная литература**

1. *Павлов К.Ф. , Романков П.Г, Носков А.А.* Примеры и задачи по курсу «Процессы и аппараты химической технологии». М.: Химия.- 1987.-575 с.



### 6.3. Перечень интернет ресурсов

1. **Сборник нормативных документов «СтройКонсультант»** [www.snip.ru](http://www.snip.ru) - Доступ осуществляется в зале электронных ресурсов НТБ (к.302).
2. <http://www.knigafund.ru/>
3. <http://www.ustu.ru/study/high/bachelor-specialist/khtf/resource/htf-res-prof/>
4. <http://paht.ruz.net/materials.htm>

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Занятия ведутся в специализированной учебной лаборатории № 403 дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» кафедры ТЦКМ – технологии цемента и композиционных материалов, оборудованной в соответствии с требованиями, предъявляемыми к учебным химическим лабораториям.


В лаборатории имеются приборы и оборудование:


- весы аналитические ВЛТК-500;
- центрифуга;
- установка для определения режима движения жидкости (напорный бак, ёмкость с красителем, расходомер, термометр);
- установка для определения гидравлических сопротивлений трубопроводов (вентиль, поворот, расширение - сужение, змеевик, газовый счетчик, дифференциальный манометр, лабораторный трансформатор, вентилятор);
- установка для изучения гидравлики псевдооживленного слоя (прозрачный вертикальный цилиндрический корпус, газовый счетчик, дифференциальный манометр, лабораторный трансформатор, вентилятор);
- установка для определения характеристик центробежного вентилятора (центробежный вентилятор, ваттметр, трубка Пито, дифференциальный манометр);
- установка для фильтрации суспензий под вакуумом (фильтр, вакуум-насос, мешалка, сборник фильтрата, вакуумметр, влагоотделитель, термометр);
- барометр.
- установка для исследования влагосодержания материала и скорости процесса сушки (сушильный шкаф, смонтированные в шкаф весы);
- установка для изучения процесса конвективной сушки (сушильная камера, вентилятор, калорифер, трансформатор, расходомер, цифровой термометр, гигрометр, установка компрессорная УК-25-16м);
- установка для изучения процесса массопередачи (массообменный аппарат, термостат, влагоотделитель, вентилятор, расходомер, термометр, цифровой гигрометр);
- установка для определения теплопроводности материалов (экспериментальный блок) с компьютерным программным обеспечением;
- трансформатор, переключатель температуры;
- установка для изучения процесса теплопередачи (теплообменный аппарат типа «труба в трубе», термостат, ротаметр).

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений  
Рабочая программа без изменений утверждена на 2016 /2017 учебный год.

Протокол № \_\_1\_\_ заседания кафедры от «\_8\_» \_\_\_\_\_ 2016 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_ Борисов И.Н. \_\_\_\_\_  
подпись, ФИО

Директор института \_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_ Павленко В.И. \_\_\_\_\_  
подпись, ФИО

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа без изменений утверждена на 2017/2018 учебный год.  
Протокол № 2 заседания кафедры от «7» сентября 2017 г.

Заведующий кафедрой



Борисов И. Н.

Директор института



Павленко В.И.

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа без изменений утверждена на 2018/2019 учебный год.  
Протокол № 13 заседания кафедры от «15» мая 2018 г.

Заведующий кафедрой



Борисов И. Н.

Директор института



Павленко В.И.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение №1. Методические указания для обучающегося по освоению дисциплины

При чтении лекций используются современные мультимедийные средства, которые применяются студентами при самостоятельной их работе в курсовом и дипломном проектировании. Лабораторный практикум и тематика курсовых и дипломных проектов тесно увязаны с лекционным курсом. Текущий контроль включает защиту лабораторных работ, выполнение курсовой работы. Итоговый контроль – экзамен.

Целью изучения курса является формирование у будущих специалистов теоретических знаний по физико-химическим процессам, протекающим в аппаратах различных производств, влияния различных факторов на физико-механические свойства готовых материалов, а также практических навыков анализа трудностей технологического процесса производства и их устранения.

Изучение дисциплины предполагает решение ряда сложных задач, что дает возможность студентам:

- организовывать и осуществлять входной контроль сырья и материалов, используемых в химическом производстве;
- эффективно использовать оборудование, сырье и вспомогательные материалы;
- проводить анализ сырьевых материалов и отходов производства как компонента сырьевой смеси и добавки к ней;
- анализировать и оценивать альтернативные варианты технологической схемы производства и отдельных узлов;
- внедрять новейшие технологии и оборудование в производство;
- планировать и проводить научные исследования в области совершенствования технологического процесса;
- определять и анализировать свойств используемых и получаемых материалов;
- анализировать научно-техническую литературу;
- организовывать работу коллектива в условиях действующего предприятия;
- осуществлять технологический контроль в производстве материалов;
- проводить технико-экономический анализ производства.

Самостоятельная работа является главным условием успешного освоения изучаемой учебной дисциплины и формирования высокого профессионализма будущих специалистов.

Исходный этап изучения курса «Процессы и аппараты химической технологии» предполагает ознакомление с рабочей программой, характеризующей границы и содержание учебного материала, который подлежит освоению.

Изучение отдельных тем курса необходимо осуществлять в соответствии с поставленными в них целями, их значимостью, основываясь на содержании и вопросах, поставленных в лекции преподавателя и приведенных в планах и заданиях к лабораторным занятиям, а также методических указаниях для студентов заочного обучения.

В учебниках и учебных пособиях, представленных в списке рекомендуемой литературы, содержатся возможные ответы на поставленные вопросы. Инструментами освоения учебного материала являются основные термины и понятия, составляющие категориальный аппарат дисциплины. Их осмысление, запоминание и практическое использование являются обязательным условием овладения курсом.

Для более глубокого изучения проблем курса при подготовке к занятиям необходимо ознакомиться с публикациями в периодических изданиях. Поиск и подбор таких изданий, статей, материалов и монографий осуществляется на основе библиографических указаний и предметных каталогов.

Изучение каждой темы следует завершать выполнением практических заданий, ответами на тесты, решением задач, содержащихся в соответствующих разделах учебников и методических пособий.

Для обеспечения систематического контроля над процессом усвоения тем курса следует пользоваться перечнем контрольных вопросов для проверки знаний по дисциплине, содержащихся в планах и заданиях к занятиям и методическим указаниях. Если при ответах на сформулированные в перечне вопросы возникнут затруднения, необходимо очередной раз вернуться к изучению соответствующей темы, либо обратиться за консультацией к преподавателю.

Успешное освоение курса дисциплины возможно лишь при систематической работе, требующей глубокого осмысления и повторения пройденного материала, поэтому необходимо делать соответствующие записи по каждой теме.