

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**



« 16 » сентября 2016

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

Процессы и аппараты химической технологии

Направление подготовки:
18.03.01 Химическая технология

Направленность программы:
Химическая технология стекла и керамики
Химическая технология вяжущих и композиционных материалов
Технология и переработка полимеров

Квалификация

бакалавр

Форма обучения

очная


Институт: Химико-технологический институт

Кафедра: Технологии цемента и композиционных материалов


Белгород – 2016

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология (уровень бакалавриата), утвержденного Приказом исполняющего обязанности Министра образования и науки Российской Федерации от 11 августа 2016 г., № 1005.
- плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2016 году.

Составитель (составители): к.т.н., доц.  (А.В. Черкасов)
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)


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 » сентября 2016 г.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

« 14 » сентября 2016 г., протокол № 2

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

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 15 » сентября 2016 г., протокол № 1

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: 18.03.01 Химическая технология Направленность программы: Химическая технология вяжущих и композиционных 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: 9 зач. единиц, 324 часов. Дисциплина включает 68 час лекционных занятий, лабораторных 51 часа и 17 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 процессы в химической технологии производства вяжущих и композиционных материалов.

Учебная дисциплина обеспечена учебной литературой всех видов занятий. Рабочая программа учебной дисциплины полностью соответствует требованиям Федерального государственного стандарта высшего образования по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология (уровень бакалавриата) и позволяет студентам в полной мере овладеть общекультурными, общепрофессиональными и профессиональными компетенциями.

Рецензент, главный технолог

АО «ХайдельбергЦемент Волга» г. Вольск, Саратовская область _____ А.П. Ракул



1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Формируемые компетенции			Требования к результатам обучения
№	Код компетенции	Компетенция	
Общепрофессиональные			
1	ОПК-1	Способностью и готовностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности.	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p>Знать: физическую сущность процессов химической технологии; конструкции аппаратов и принцип их работы; теоретические основы процессов химической технологии; законы, их описывающие.</p> <p>Уметь: определять основные характеристики процессов тепло- и массопередачи; рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса; обоснованно составлять схемы установок с целью достижения оптимального результата.</p> <p>Владеть: навыками проведения и обработки экспериментальных данных; методами технологических расчетов типовых процессов и аппаратов химической технологии; навыками проектирования промышленных аппаратов и определения оптимальных технологических режимов работы оборудования.</p>
Профессиональные			
2	ПК-1	Способностью и готовностью осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p>Знать: классификацию основных процессов, методы составления и решения уравнений материального и теплового балансов основных процессов, определения движущей силы, расчета скорости процессов. Основы теплопередачи в химической аппаратуре.</p> <p>Уметь: использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции пользоваться справочной и научной литературой по всем разделам дисциплины; осуществлять типовые гидродинамические, тепловые, массообменные расчёты</p> <p>Владеть: методами выбора стандартных аппаратов направленных на минимизацию антропогенного воздействия на окружающую среду; методами технико-экономической оценки процессов с целью обоснованного выбора стандартных аппаратов.</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

Содержание дисциплины служит основой для изучения следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Общая химическая технология.
2	Моделирование химико-технологических процессов.
3	Химические реакторы.
4	Коллоидная химия
	Информатика

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 9 зач. единиц, 324 часов.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 3	Семестр № 4
Общая трудоемкость дисциплины, час	324	144	180
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	136	85	51
лекции	68	34	34
лабораторные	51	51	
практические	17		17
Самостоятельная работа студентов, в том числе:	188	59	129
Курсовой проект			
Курсовая работа	36		36
Расчетно-графическое задания			
Индивидуальное домашнее задание			
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	152	59	93
Форма промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	3, 36	3	36

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Наименование тем, их содержание и объем

Курс 2 Семестр № 3

№ п/п	Наименование раздела	Кол-во лекционных часов	Самостоятельная работа
1	2	3	4
1.	<p><u>Модуль 1: Основы гидравлики.</u></p> <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>	6	6
2.	<p><u>Модуль 2: Гидростатика.</u></p> <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>	6	6

3.	<p><u>Модуль 3: Гидродинамика.</u></p> <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. 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>	6	23
4.	<p><u>Модуль 4: Перемещение жидкостей.</u></p> <p>Насосы центробежные, поршневые, специальные виды. Параметры работы насосов. Работа насосов на сеть. Принципы их подбора. Классификация машин для перемещения жидкостей и сжатия газов. Вентиляторы и дымососы. Характеристики их работы. Расчет и выбор центробежных вентиляторов.</p>	6	6
5.	<p><u>Модуль 5: Разделение неоднородных систем.</u></p> <p>Классификация гетерогенных систем. Виды гидромеханических процессов разделения жидких неоднородных систем. 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.</p> <p>Классификация и области применения фильтровальных перегородок. Уравнение Дарси. Определение констант процесса Фильтрования. Пути интенсификации процесса.</p> <p>Разделение газовых неоднородных систем. Степень</p>	6	6

	<p>разделения. Разделение запыленных газов методом осаждения. Пылеосадительные камеры.</p> <p>Разделение запыленных газов под действием центробежных сил. Жалюзийный пылеосадитель.</p> <p>Циклоны, устройство и принцип действия. Расчет и подбор циклонов.</p> <p>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>		
6.	<p><u>Модуль 6: Перемешивание в жидких средах.</u></p> <p>Общие сведения. Механическое перемешивание. Интенсивность и эффективность процесса перемешивания. Критерии подобия. Критерий мощности. Виды и области применения мешалок. Расчет и подбор мешалок.</p>	4	4
	ВСЕГО	34	51

Курс 2 Семестр № 4

№ п/п	Наименование раздела	Кол-во лекционных часов	Само-стоятельная работа
1	2	3	4
1.	<p><u>Модуль 7: Основы теплопередачи в химической аппаратуре.</u></p> <p>Общие сведения. Температурное поле, температурный градиент. Классификация теплообменных процессов. Виды и области применения теплоносителей. Тепловые балансы.</p> <p>Передача тепла теплопроводностью. Закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Теплопроводность плоских и цилиндрических стенок: одно- и многослойных. Расчет тепловой изоляции.</p> <p>Тепловое излучение. Закон Стефана. Закон Кирхгофа. Взаимное излучение двух твёрдых тел. Передача тепла конвекцией (конвективный теплообмен). Закон теплоотдачи Ньютона. Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена.</p> <p>Теплоотдача, её виды. Тепловой пограничный слой. Тепловые критерии подобия. Расчёт коэффициентов теплоотдачи. Значения коэффициентов теплоотдачи в промышленных теплообменных процессах.</p> <p>Расчет потерь тепла совместно конвекцией и излучением.</p> <p>Теплопередача. Аддитивность термических сопротивлений. Основное уравнение теплопередачи.</p>	17	50

	<p>Движущая сила процесса. Нагревание, охлаждение, конденсация. Общие сведения.</p> <p>Конструкции теплообменных аппаратов. Расчет теплообменных аппаратов. Нестационарный теплообмен. Выпаривание, общие сведения.</p>		
2.	<p><u>Модуль 8: Основы массопередачи.</u></p> <p>Виды процессов массоопередачи. Способы выражения состава фаз. Равновесие при массоопередаче. Материальный баланс. Рабочая и равновесная концентрации. Рабочая и равновесная линии. Определение направленности массопереноса. Скорость массопередачи.</p> <p>Молекулярная диффузия. Турбулентная диффузия. Конвективный массоперенос. Дифференциальное уравнение конвективной диффузии. Механизм процесса массопереноса. Модели процессов массопереноса.</p> <p>Массоотдача. Основное уравнение массоотдачи. Подобие процессов переноса массы.</p> <p>Массопередача. Уравнение массопередачи. Движущая сила процессов массопередачи. Аддитивность диффузионных сопротивлений. Объемные коэффициенты массоотдачи и массопередачи. Пути интенсификации массообменных процессов. Расчет основных размеров массообменных аппаратов.</p> <p>Абсорбция, основные понятия. Перегонка жидкостей, основные понятия. Ректификация, основные понятия. Экстракция, основные понятия.</p> <p>Сушка. Классификация сушильных процессов. Виды связи влаги с материалом. Основные параметры влажного воздуха. I-x диаграмма Рамзина.</p> <p>Увлажнение и сушка воздуха. Материальный и тепловой балансы сушки. Параметры влажного материала. Кинетика сушки. Кинетические кривые.</p> <p>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>	17	51
	<u>ВСЕГО:</u>	34	101

**4.2. Перечень практических (семинарских) занятий.
Их содержание и объем в часах (аудиторных).**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во лекц. часов	К-во часов СРС
семестр № 4				
1	Уравнение расхода и неразрывности потока.	Расчёт расходов, скоростей.	2	12
2	Режимы движения жидкостей.	Эквивалентный диаметр и гидравлический радиус.	2	12
3	Уравнение Бернулли.	Уравнение Бернулли. Гидравлические сопротивления.	2	12
4.	Насосы, вентиляторы дымососы.	Расчёт полных гидравлических сопротивлений сети, подбор вентиляторов и дымососов	2	12
5.	Разделение гетерогенных систем.	Расчёт и подбор циклонов.	2	12
6.	Разделение неоднородных систем	Расчет и подбор рукавных фильтров.	2	12
7.	Тепловой баланс теплообменников.	Теплообмен. Теплопроводность. Теплоотдача. Теплопередача. Промышленные способы передачи тепла	2	12
8.	Сушка. тепловой баланс.	I-х диаграмма Рамзина. Сушка	2	12
9.	Основы теплопередачи	Расчет потерь тепла совместно конвекцией и излучением.	1	5
ИТОГО:			17	101

4.3. Перечень лабораторных занятий и объем в часах
Курс 2 Семестр № 3

№ п/п	№ раздела дисциплины (в соответствии с п.5.1)	Наименование лабораторной работы	Кол-во часов
1.	Основы гидравлики. Гидростатики.	Вводное занятие.	2
		Инструктаж по технике безопасности. Основные уравнения гидростатики.	8
2.	Гидродинамика.	Гидравлическое сопротивление трубопроводов. Гидравлика «кипящего слоя».	8
3.	Перемещение жидкостей.	Режимы движения жидкости. Определение характеристик центробежного вентилятора.	8

№ п/п	№ раздела дисциплины (в соответствии с п.5.1)	Наименование лабораторной работы	Кол-во часов
4.	Разделение неоднородных систем.	Разделение суспензий в отстойной центрифуге. Разделение суспензий в процессе фильтрования.	8
5.	Основы теплопередачи в химической аппаратуре.	Изучение процесса теплопроводности. Исследование процесса теплопередачи.	8
6.	Основы массопередачи.	Изучение процесса массопередачи. Основные параметры влажного воздуха. Исследование кинетики сушки. Изучение процесса конвективной сушки.	9
	ИТОГО		51

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	<ol style="list-style-type: none"> 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	<ol style="list-style-type: none"> 1. Основное уравнение гидростатики. 2. Практическое применение основного уравнения гидростатики.

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

6.	Перемешивание в жидких средах.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Гидродинамика взвешенного слоя. Области применения и физическая сущность гидротранспорта. 2. Перемешивание в жидких средах. Общие сведения. 3. Механическое перемешивание. Интенсивность и эффективность процесса перемешивания. Критерии подобия. Критерий мощности. <p style="text-align: center;">Виды и области применения мешалок. Расчет и подбор мешалок.</p>
7.	Основы теплопередачи в химической аппаратуре.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Основы теплопередачи в химической аппаратуре. Общие сведения. Температурное поле, температурный градиент. 2. Классификация теплообменных процессов. Виды и области применения теплоносителей. 3. Тепловые балансы теплообменников. 4. Передача тепла теплопроводностью. Закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности. 5. Теплопроводность плоских и цилиндрических стенок: одно- и многослойных. Расчет тепловой изоляции. 6. Тепловое излучение. Закон Стефана. Закон Кирхгофа. Взаимное излучение двух твёрдых тел. 7. Передача тепла конвекцией (конвективный теплообмен). Закон теплоотдачи Ньютона. 8. Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена. 9. Теплоотдача, её виды. Тепловой пограничный слой. 10. Тепловые критерии подобия. 11. Расчёт коэффициентов теплоотдачи. Значения коэффициентов теплоотдачи в промышленных теплообменных процессах. 12. Расчет потерь тепла совместно конвекцией и излучением. 13. Теплопередача. Основное уравнение теплопередачи. Движущая сила процесса. 14. Аддитивность термических сопротивлений. Расчет теплообменных аппаратов. 15. Нестационарный теплообмен.
8.	Основы массопередачи.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Основы массопередачи. Общие сведения. Виды процессов массопередачи. 2. Способы выражения состава фаз. Равновесие при массопередаче. Материальный баланс. 5. Рабочая и равновесная концентрации. Рабочая и равновесная линии. Определение направленности массопереноса. Скорость массопередачи. Молекулярная диффузия. Турбулентная диффузия. Конвективный массоперенос. 6. Дифференциальное уравнение конвективной

		<p>диффузии.</p> <ol style="list-style-type: none"> 7. Механизм процесса массопереноса. Модели процессов массопереноса. 8. Массоотдача. Основное уравнение массоотдачи. 9. Подобие процессов переноса массы. 10. Массопередача. Уравнение массопередачи. Движущая сила процессов массопередачи. Аддитивность диффузионных сопротивлений. 11. Расчёт основных размеров массообменных аппаратов. Объемные коэффициенты массоотдачи и массопередачи. Пути интенсификации массообменных процессов. 12. Абсорбция, основные понятия. 13. Перегонка жидкостей, основные понятия. 14. Ректификация, основные понятия. 15. Экстракция, основные понятия. 16. Сушка. Классификация сушильных процессов. Виды связи влаги с материалом. 17. Основные параметры влажного воздуха. I-x диаграмма Рамзина. 18. Увлажнение и сушка воздуха. 19. Материальный и тепловой балансы сушки. 20. Параметры влажного материала. Кинетика сушки. Кинетические кривые. 21. Изотерма сушки. Термодиффузия. 22. Пути интенсификации процесса сушки. Удельная производительность по влаге и ее регулирование. 23. Варианты процессов сушки. 24. Устройство сушильных установок (туннельные, барабанные, сушилки «кипящего слоя», распылительные, высокочастотные). 25. Основные мембранные методы разделения. Основное уравнение мембранных процессов, движущая сила процесса. 26. Аппараты для обратного осмоса и ультрафильтрации. 27. Диализ, электродиализ.
--	--	--

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 ₂
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 ²
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 ²
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 ²
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

Основная литература

1. *Касаткин А.Г.* Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Альянс. – 2004. – 750 с.
2. *Смаль Д.В., Черкасов А.В., Осипов Ю.М.* Процессы и аппараты химической технологии. (Учебное пособие к выполнению лабораторных работ по направлению 18.03.01 «Химическая технология»). - Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. – Ч. 1.-77с.
3. *Смаль Д.В., Черкасов А.В., Осипов Ю.М., Коновалов В.М.* Процессы и аппараты химической технологии. (Учебное пособие к выполнению лабораторных работ по направлению 18.03.01 «Химическая технология»). - Белгород: Изд-во БГТУ, 2017. – Ч. 2.- 114с.
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 18.03.01 «Химическая технология»). – 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 18.03.01 «Химическая технология»). – Белгород: Изд-во БГТУ, 2014.-16с.

6.2. Перечень дополнительной литературы

Дополнительная литература

1. *Разинов А.И., Клинов А.В., Дьяков Г.С.* Процессы и аппараты химической технологии. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2017. – 860 с.
2. *Павлов, К.Ф.* Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии / *К.Ф.Павлов, П.Г. Романков, А.А.Носков.* –14-е изд., стереотип. – М.: Альянс, 2007. – 575 с.
3. *Гельперин Н.И.* Основные процессы и аппараты химической технологии. Кн.1, Кн.2, М.: Химия.-1981.- 270 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 - Доступ осуществляется в зале электронных ресурсов НТБ (к.302).
2. <http://www.ustu.ru/study/high/bachelor-specialist/khtf/resource/htf-res-prof/>
3. <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) с компьютерным программным обеспечением;
- психрометр.

8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений
Рабочая программа без изменений утверждена на 2017/2018 учебный
год.

Протокол № 2 заседания кафедры от «7» сентября 2017 г.

Заведующий кафедрой _____
подпись,



Борисов И.Н.

Директор института _____



подпись,

Павленко В.И.

8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений
Рабочая программа без изменений утверждена на 2018/2019 учебный
год.

Протокол № 13 заседания кафедры от «15» мая 2018 г.

Заведующий кафедрой _____
подпись,



Борисов И.Н.

Директор института _____



подпись,

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.