

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

СОГЛАСОВАНО  
Директор института заочного обучения  
М. Н. Нестеров  
« 16 » 04 2015 г.

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института строительного  
материаловедения и техносферной  
безопасности  
В.И. Павлинко  
« 16 » апреля 2015

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**ДИСЦИПЛИНЫ**

Моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов производства силикатных материалов

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

заочная

**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 (составители): к.т.н., доц.  (Д. А. Мишин)  
(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 » 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)

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Формируемые компетенции			Требования к результатам обучения
№	Код компетенции	Компетенция	
<b>Общепрофессиональные</b>			
	ОПК-2	Способность 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> основные методы составления моделей производственных процессов и алгоритмы решения уравнений</p> <p><b>Уметь:</b> применять специализированные пакеты программ для составления программ, подготовки научно-технических отчетов и аналитических обзоров</p> <p><b>Владеть:</b> математическими методами решения уравнений моделей, теоретического и экспериментального исследования и применять полученные результаты при оптимизации технологических процессов.</p>
<b>Профессиональные</b>			
2	ПК-3	Способность использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программ и баз данных для расчета технологических параметров оборудования и мониторинга природных сред	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен:</p> <p><b>Знать:</b> основные направления применения пакетов программ в профессиональной деятельности для выполнения моделирования и технологических расчетов. Взаимосвязь отдельных параметров производственных процессов и их влияние на технологический процесс отдельного передела и технологической линии в целом.</p> <p><b>Уметь:</b> адаптировать научно-техническую информацию для уточнения моделей производственных процессов, моделировать и оптимизировать процесс с позиции энерго- и ресурсосбережения .</p> <p><b>Владеть:</b> возможностью максимально использовать ресурсы оборудования.</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Содержание дисциплины основывается и является логическим продолжением следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Технология производства цемента

Содержание дисциплины служит основой для изучения следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Управление технологическим процессом производства цемента

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зач. единиц, 108 часов.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 8	Семестр № 9
Общая трудоемкость дисциплины, час	108	12	96
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	14	2	12
лекции	6	2	4
лабораторные	8	-	8
практические	-	-	-
<b>Самостоятельная работа студентов, в том числе:</b>	94	10	84
Курсовой проект	-	-	-
Курсовая работа	-	-	-
Расчетно-графическое задания	-	-	-
Индивидуальное домашнее задание	9	-	9
Другие виды самостоятельной работы	49	10	39
<b>Форма промежуточная аттестация (зачет, экзамен)</b>	36 (экзамен)	-	36 (экзамен)

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 4.1 Наименование тем, их содержание и объем

#### Курс 4 Семестр 8

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1. Технологическая система. Модели и моделирование. Математические модели.					
	Понятие о системе и системном анализе. Классификация связей системы и параметров элементов. Процессы химической технологии. Понятие о моделях и моделировании, их классификация Общие характеристики моделей. Понятия о математической модели. Этапы разработки математической модели.	2			10

	Точность и сложность математических моделей. Классификация задач математического моделирования. Классификация математических моделей. Составление алгоритма и программы.				
<b>Курс <u>5</u> Семестр <u>9</u></b>					
<b>2. Программа Mathcad</b>					
	Интерфейс программы Mathcad. Основные математические операции. Программирование. Интегрирование и дифференцирование.	1		1	4
<b>3. Моделирование процессов химической технологии</b>					
	Вращающаяся печь обжига клинкера. Физико-химические процессы, протекающие во вращающейся печи. Работа и характеристика цепной завесы. Пылеудерживающая способность завесы. Математическая модель цепной завесы вращающейся печи. Классификация и принцип действия клинкерных холодильников. Тройная аналогия Рейнольдса и ее применение в моделировании процессов цементной вращающейся печи	1		1	14
<b>4. Решение уравнений математического описания.</b>					
	Аналитическое решение уравнений. Решение систем линейных уравнений. Итерационные методы. Погрешность и сходимость расчета, релаксация. Численные методы решения дифференциальных уравнений. Решение задачи Коши. Решение дифференциальных уравнений сеточными методами.	2		6	21
<b>5. Индивидуальное домашнее задание</b>					
	Реферат по темам п. 5.3				9
	Всего	6		8	58

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

Практические работы не предусмотрены

#### 4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № <u>9</u>				
1	Программа Mathcad.	Решение простейших задач средствами MathCad. Ранжированные переменные. Графики. Решение уравнений с одним неизвестным с помощью встроенной функции «root».	1	5
2	Моделирование процессов химической технологии	Расчет распределения температуры по радиусу бесконечного цилиндра (звено цепи) при его охлаждении (нагреве)	1	8
3	Решение уравнений математического опи-	Расчет температуры вторичного воздуха цементной вращающейся печи числен-	2	8

	сания.	ными методами с помощью математического моделирования. Метод пошагового приближения		
4	Решение уравнений математического описания.	Расчет температуры вторичного воздуха цементной вращающейся печи численными методами с помощью математического моделирования. Метод бисекции	2	8
5	Решение уравнений математического описания.	Расчет температуры вторичного воздуха цементной вращающейся печи численными методами с помощью математического моделирования. Метод итераций	2	8
ИТОГО:			8	37

## **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	Технологическая система. Модели и моделирование. Математические модели.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Технологическая система и ее составляющие. Системный анализ. Типовые процессы химической технологии.</li> <li>2. Уравнения, описывающие типовые процессы. Соотношения между параметрами процессов и ограничения.</li> <li>3. Составляющие математической модели. Формализованное описание.</li> <li>4. Понятие о модели и моделировании. Главные (общие) характеристики модели.</li> <li>5. Разработка моделирующего алгоритма. Блочная структура программы.</li> <li>6. Математические модели. Общая классификация математических моделей</li> <li>7. Классификация математических моделей по наличию случайных элементов и по временным признакам</li> <li>8. Классификация математических моделей по виду математического описания</li> <li>9. Составные части математической модели. Этапы моделирования.</li> <li>10. Точность и степень сложности математической модели. Два вида задач математического моделирования.</li> </ol>
2	Программа Mathcad	<ol style="list-style-type: none"> <li>11. Содержание блока «Программирование» Mathcad</li> <li>12. Функции в Mathcad</li> </ol>
3	Моделирование процессов химической технологии	<ol style="list-style-type: none"> <li>13. Физико-химические процессы, протекающие во вращающейся печи.</li> <li>14. Аэродинамическая модель цепного теплообменника.</li> <li>15. Оценка пылеуноса из вращающейся печи мокрого способа производства</li> </ol>

		16.Тройная аналогия Рейнольдса 17.Коэффициенты лобового сопротивления звеньев цепи. 18.Уравнение Блазиуса 19.Условие удержания частиц на поверхности жидкости и оценка пылеудерживающей способности цепей с пленкой шлама. 20. Классификация, принцип и параметры работы клинкерных холодильников. Основные типы колосниковых холодильников.
4	Решение уравнений математического описания.	21.Математическое описание. Методы составления уравнений математического описания. Группы уравнений математического описания (общая классификация). 22.Аналитическое решение систем уравнений математического описания 23.Погрешность расчета. Сходимость итерационного расчета и ее проверка. Управление сходимостью расчета 24.Метод Гаусса-Зейделя Общий алгоритм. 25.Решение систем нелинейных уравнений с помощью метода последовательного приближения.

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

Курсовые работы не предусмотрены

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

Примеры заданий ИДЗ:

1) Работа вращающейся печи. Основные физико-химические процессы, протекающие в печи.

2) Работа цепной завесы вращающейся печи. Способы навески, достоинства и недостатки. Требования к материалу для изготовления цепи. Пылеудерживающая способность цепей. Тройная аналогия Рейнольдса применительно к цепной завесе.

3) Первичный, вторичный, третичный воздух и их назначение. Значение вторичного воздуха в тепловом балансе вращающейся печи. Классификация и принцип работы клинкерных холодильников.

4) Численные методы решения дифференциальных уравнений. Методы решения систем линейных уравнений. Их алгоритмы, достоинства и недостатки.

## 5.4. Перечень контрольных работ

Контрольные работы не предусмотрены.

## 6. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

### 6.1. Перечень основной литературы

#### Основная литература

1. Трубаев П.А., Кузнецов, В.А., Беседин П.В. Методы компьютерного моделирования горения и теплообмена во вращающихся печах. -Белгород: Изд-во БГТУ:БИЭИ, 2008.-230 с.

### 6.2. Перечень дополнительной литературы

1. Кафаров В. В., Глебов М. Б. Математическое моделирование основных процессов химических производств. - М.: Высш. шк., 1991. - 400 с.
2. Скурихин В. И., Шифрин В. Б., Дубровский В. В. Математическое моделирование. - Киев: Техника, 1983. - 270 с.
3. Бондарь А. Г. Математическое моделирование в химической технологии. - Киев: Вища школа, 1973. - 279 с.
4. Ахназарова С. Л., Кафаров В. В. Оптимизация эксперимента в химической технологии. - М.: Высш. шк., 1978. - 319 с.
5. Химмельблау Д. Анализ процессов статистическими методами. - М.: Мир, 1973.
6. Кузнецов В. А. Математическое моделирование тепловой работы цементной вращающейся печи. - Белгород, 1994. - 80 с.
7. Беседин П. В., Трубаев П. А. Проектирование порт ланд цементных сырьевых смесей. — Белгород: Изд. БелГТАСМ, 1994. — 126 с.
8. Кроу К. И др. Математическое моделирование химических производств / Пер. с англ. - М.: Мир, 1973. - 392 с.
9. Островский Г. М., Бережинский Т. А. Оптимизация химико-технологических процессов: Теория и практика. - М.: Химия, 1984. - 240 с.
10. Закгейм А. Ю. Введение в моделирование химико-технологических процессов. - М.: Химия, 1982. - 288 с.
11. Кафаров В В., Перов В. Л., Мешалкин В. П. Принципы математического моделирования химико-технологических систем. - М.: Химия, 1974. - 344 с.
12. Кафаров В. В. Методы кибернетики в химии и химической технологии. - М.: Химия, 1976. - 382 с.
13. Трубаев П.А. Моделирование и оптимизация технологических процессов производства строительных материалов. Часть 1. Методы математического моделирования и оптимизации: Учеб. пособие. -Белгород: Изд-во БелГТАСМ, 1999.-178 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. Электронный читальный зал <https://elib.bstu.ru/>**

Содержит полные тексты учебных и учебно-методических пособий, монографий, авторами которых являются преподаватели университета; учебных и учебно-методических изданий, приобретенных во внешних издательствах и книготорговых организациях; редких и ценных изданий из фонда научно-технической библиотеки. Доступ к электронному читальному залу осуществляется с компьютеров локальной сети университета и сети Интернет

**3. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [elibrary.ru](http://elibrary.ru)**

Крупнейший российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования, содержащий рефераты и полные тексты более 19 млн научных статей и публикаций. На платформе eLIBRARY.RU доступны электронные версии более 3900 российских научно-технических журналов, в том числе более 2800 журналов в открытом доступе. В настоящее время открыт доступ к 79 российским научно-техническим журналам. Доступ к ресурсу осуществляется с компьютеров локальной сети университета и в зале электронных ресурсов (к.302).

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

**Лекционные занятия** проводятся в специально оборудованной учебной аудитории, 212 УК2, оснащенной мультимедийным комплексом и 12 компьютерами.

**Лабораторные занятия** проводятся в специально оборудованной аудитории учебной аудитории, 212 УК2, оснащенной мультимедийным комплексом и 12 компьютерами.

**Самостоятельная подготовка** студентов может проходить в зале курсового и дипломного проектирования в учебной аудитории 212 УК2, оснащенной 12 компьютерами; в библиотеке кафедры ТЦКМ 119а УК2, в которой собраны периодические издания по специальности за 15 лет, учебники, учебные пособия, справочники, электронные пособия.

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

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

Протокол № 1 заседания кафедры от «8 » сентября 2016 г.

Заведующий кафедрой



Борисов И. Н.

Директор института



Павленко В.И.

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.

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.

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа без изменений утверждена на 2019/2020 учебный год.

Протокол № 16 заседания кафедры от «07» июня 2019 г.

Заведующий кафедрой



Борисов И. Н.

Директор института



Павленко В.И.

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа без изменений утверждена на 2020/2021 учебный год.

Протокол № 17 заседания кафедры от «13» мая 2020 г.

Заведующий кафедрой



Борисов И. Н.

Директор института



Павленко В.И.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

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

Курс представляет собой неотъемлемую часть подготовки бакалавров по направлению 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» и профилю подготовки «Рациональное использование материальных и энергетических ресурсов в химической технологии вяжущих материалов».

Задачи дисциплины – моделирование процессов производства с последующей оптимизацией технологического процесса.

Целью изучения курса является формирование у студентов комплексное представление о физико-химических и технологических процессах, протекающих при производстве цемента; разобрать устройство и принцип действия основного технологического оборудования; обучить студентов основным приемам моделирования технологических процессов на всех переделах цементного производства и методам оптимизирования, обеспечивающих экономию топливно-энергетических ресурсов.

Студент должен знать:

- содержание изучаемой специальности;
- значение отдельных дисциплин для освоения специальностью и квалификацией бакалавра;

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

- использовать прикладные программы для проведения технологических расчетов, статистической обработки, математического моделирования;
- оценивать затраты материальных и энергетических ресурсов в строительной индустрии и других отраслях народного хозяйства с использованием стандартного программного обеспечения;
- применять ЭВМ для подготовки научно-технических отчетов и аналитических обзоров, публикаций научных результатов;
- использовать системы управления процессами и производством при осуществлении производственного контроля и управлении качеством продукции;
- участвовать в разработке систем управления технологических процессов.

Занятия проводятся в виде лекций и лабораторных занятий. Большое значение для изучения курса имеет самостоятельная работа студентов. На лабораторных занятиях студенты приобретают умения и навыки обработки и анализа полученных экспериментальных данных, а также основам математического моделирования.

После изучения курса студент должен иметь представление о возможностях использования ЭВМ при энергосбережении в производстве строительных материалов и уметь их использовать при оптимизации технологических процессов.

Распределение материала дисциплины по темам и требования к ее освоению содержатся в Рабочей программе дисциплины, которая определяет содержание и особенности изучения курса.

Формы контроля знаний – текущий и промежуточный контроль. Форма контроля самостоятельной работы студента – защита лабораторных работ. Форма про-

межуточного контроля полученных знаний – экзамен.

Знание курса необходимо для успешного изучения последующих специальных дисциплин, а в дальнейшем – для успешной творческой деятельности в области энерго- и ресурсосберегающих технологий.

Исходный этап изучения курса «**Моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов производства силикатных материалов**» 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 практическим занятиям.

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 необходимо ознакомиться с публикациями в периодических технических изданиях. Поиск и подбор таких изданий, статей, материалов и монографий осуществляется на основе библиографических указаний и предметных каталогов.

Для обеспечения систематического контроля над процессом усвоения тем курса следует пользоваться перечнем контрольных вопросов для проверки знаний по дисциплине, содержащихся в планах и учебных пособиях и методических 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.

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа без изменений утверждена на 2021 / 2022 учебный год.

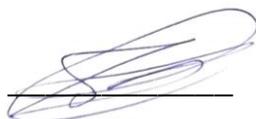
Протокол № 19 заседания кафедры от « 14 » мая 2021 г.

Заведующий кафедрой

  
\_\_\_\_\_

И.Н. Борисов

Директор института

  
\_\_\_\_\_

Р.Н. Ястребинский