

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**

Моделирование химико-технологических процессов

Направление подготовки:  
18.03.01 Химическая технология

Направленность программы:  
Химическая технология вяжущих и композиционных материалов

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.  (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 » 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)

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Формируемые компетенции			Требования к результатам обучения
№	Код компетенции	Компетенция	
<b>Общепрофессиональные</b>			
	ОПК-5	Владение основными методами, способами и средствами получения, хранения и переработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен:</p> <p><b>Знать:</b> основные методы аналитического и численного решения задач в химической технологии, производственные процессы и принцип работы основного технологического оборудования, основы обработки информации статистическими методами.</p> <p><b>Уметь:</b> получать данные при моделировании процессов в химической технологии.</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-2	Готовность применять аналитические и численные методы решения поставленных задач, использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программных средств сферы профессиональной деятельности, использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей профессиональной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования.	<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> навыками работы с пакетами прикладных специализированных программ</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 2 зач. единиц, 72 часа.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 8
Общая трудоемкость дисциплины, час	72	72
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	32	32
лекции	16	16
лабораторные	16	16
практические	-	-
<b>Самостоятельная работа студентов, в том числе:</b>	40	40
Курсовой проект	-	-
Курсовая работа	-	-
Расчетно-графические задания	-	-
Индивидуальное домашнее задание	-	-
Другие виды самостоятельной работы	40	40
<b>Форма промежуточная аттестация (зачет, экзамен)</b>	диф. зачет	диф. зачет

### 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.					
	Понятие о системе и системном анализе. Классификация связей системы и параметров элементов. Процессы химической технологии.	1			2

<b>2. Модели и моделирование. Математические модели.</b>				
	Понятие о моделях и моделировании, их классификация Общие характеристики моделей. Необходимость и преимущества математического моделирования. Понятия о математической модели. Этапы разработки математической модели. Точность и сложность математических моделей. Классификация задач математического моделирования. Классификация математических моделей. Составление алгоритма и программы.	3	1	7
<b>3. Процессы, протекающие во вращающейся печи цементного производства.</b>				
	Вращающаяся печь для обжига клинкера. Типы и конструкции клинкерных холодильников. Параметры работы холодильников. Физико-химические процессы, протекающие во вращающейся печи. Работа цепной завесы.	2	3	5
<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.	4	5	8
<b>5. Программа Mathcad</b>				
	Интерфейс программы Mathcad. Основные математические операции. Программирование. Интегрирование и дифференцирование.	2	2	6
<b>6. Моделирование процессов химической технологии</b>				
	Балансовые расчеты процессов и аппаратов. Математическая модель цепной завесы вращающейся печи. Выводы из результатов модели цепной завесы. Моделирование пылевыноса из печи. Тройная аналогия Рейнольдса и ее применение в моделировании процессов цементной вращающейся печи	2	4	8
<b>7. Оптимизация технологических процессов</b>				
	Критерий оптимизации. Обобщенный критерий оптимизации. Приведение параметров к единой размерности. Классификация методов поиска оптимума для детерминированных моделей. Методы оптимизаций функций одной и нескольких переменных. Линейное программирование.	2	1	4
	Всего	16	16	40

#### 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 № 8				
1	Технологическая система. Программа Mathcad	Решение простейших задач средствами MathCad	2	2
2	Модели и моделирование. Математические модели. Оптимизация технологических процессов	Ранжированные переменные. Графики. Решение уравнений с одним неизвестным с помощью встроенной функции «root».	2	3
3	Процессы, протекающие во вращающейся печи цементного производства.	Расчет распределения температуры по радиусу бесконечного цилиндра (звено цепи) при его охлаждении (нагреве)	3	4
4	Решение уравнений математического описания. Моделирование процессов химической технологии	Расчет температуры вторичного воздуха цементной вращающейся печи численными методами с помощью математического моделирования. Метод пошагового приближения	3	4
5	Решение уравнений математического описания. Моделирование процессов химической технологии	Расчет температуры вторичного воздуха цементной вращающейся печи численными методами с помощью математического моделирования. Метод бисекции	3	4
6	Решение уравнений математического описания. Моделирование процессов химической технологии	Расчет температуры вторичного воздуха цементной вращающейся печи численными методами с помощью математического моделирования. Метод простых итераций	3	4
ИТОГО:			17	21

## 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> </ol>

		<p>6. Математические модели. Общая классификация математических моделей</p> <p>7. Классификация математических моделей по наличию случайных элементов и по временным признакам</p> <p>8. Классификация математических моделей по виду математического описания</p> <p>9. Составные части математической модели. Этапы моделирования.</p> <p>10. Точность и степень сложности математической модели. Два вида задач математического моделирования.</p>
2	Программа Mathcad	<p>11. Содержание блока «Программирование» Mathcad</p> <p>12. Функции в Mathcad</p>
3	Моделирование процессов химической технологии	<p>13. Физико-химические процессы, протекающие во вращающейся печи.</p> <p>14. Аэродинамическая модель цепного теплообменника.</p> <p>15. Оценка пылеуноса из вращающейся печи мокрого способа производства</p> <p>16. Тройная аналогия Рейнольдса</p> <p>17. Коэффициенты лобового сопротивления звеньев цепи.</p> <p>18. Уравнение Блазиуса</p> <p>19. Условие удержания частиц на поверхности жидкости и оценка пылеудерживающей способности цепей с пленкой шлама.</p> <p>20. Классификация, принцип и параметры работы клинкерных холодильников. Основные типы колосниковых холодильников.</p>
4	Решение уравнений математического описания.	<p>21. Математическое описание. Методы составления уравнений математического описания. Группы уравнений математического описания (общая классификация).</p> <p>22. Аналитическое решение систем уравнений математического описания</p> <p>23. Погрешность расчета. Сходимость итерационного расчета и ее проверка. Управление сходимостью расчета</p> <p>24. Метод Гаусса-Зейделя Общий алгоритм.</p> <p>25. Решение систем нелинейных уравнений с помощью метода последовательного приближения.</p>

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

Курсовые работы не предусмотрены

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

ИДЗ и РГЗ не предусмотрены

## 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 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

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

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

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

(или)

Утверждение рабочей программы с изменениями, дополнениями  
Рабочая программа с изменениями, дополнениями утверждена на 20 /20 учебный год.

Протокол № \_\_\_\_\_ заседания кафедры от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

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

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