

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 ХТИ

Р. Н. Ястребинский

«17» мая 2021 г.

**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

**Кафедра:** Технологии цемента и композиционных материалов

Белгород – 2021

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 07.08.2020 г., № 922 от 7 августа 2020 г. и приказа об изменении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования № 83 от 8 февраля 2021 г.
- плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2021 году.

Составитель : к.т.н., доцент  Д.А.Мишин  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры  
Технологии цемента и композиционных материалов  
(наименование кафедры)

« 14 » мая 2021 г. протокол №19

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

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 15 » мая 2021 г. протокол №9

Председатель: к.т.н., доцент  Л.А.Порожнюк

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
ПК-2 Способен проводить и совершенствовать технологический процесс производства цемента и других вяжущих, управлять качеством выпускаемой продукции с применением цифровых технологий	ПК-2.7 Проводит обработку технической информации с использованием прикладных программных средств в профессиональной деятельности	<p><b>Знания:</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>Умения:</b> создать простое математическое описание процесса в химической технологии</p> <p><b>Навыки:</b> математических методов решения уравнений моделей, теоретического и экспериментального исследования, применять полученные результаты при оптимизации технологических процессов.</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

### 1. Компетенция ПК-2 Способен проводить и совершенствовать технологический процесс производства цемента и других вяжущих, управлять качеством выпускаемой продукции с применением цифровых технологий

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Введение в профессию
2	Учебная ознакомительная практика
3	Механическое оборудование в производстве вяжущих материалов (общий курс)
4	Производственная эксплуатационная практика
5	Технологические процессы измельчения
6	Проектное обучение
7	Производственная преддипломная практика
8	Тепловые процессы и установки в технологии вяжущих материалов
9	Применение ЭВМ в технологии силикатных материалов
10	Научно-исследовательская работа
11	Химическая технология композиционных материалов на основе вяжущих
12	Оптимизация технологического процесса производства цемента
13	Производственная педагогика
14	Моделирование химико-технологических процессов
15	Управление технологическим процессом производства цемента с использованием компьютерных технологий
16	Основы гидратации вяжущих материалов

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зач. единиц, 72 часов.

Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки:

Форма промежуточной аттестации

дифференцированный зачет  
(экзамен, дифференцированный зачет, зачет)

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 8
Общая трудоемкость дисциплины, час	72	72
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	34	34
лекции	16	16
лабораторные	16	16
практические	-	-
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	2	2
<b>Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:</b>	38	38
Курсовой проект	-	-
Курсовая работа	-	-
Расчетно-графическое задание	-	-
Индивидуальное домашнее задание	-	-
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	38	38
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
<b>1. Технологическая система. Модели и моделирование</b>					
	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. 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.	4		2	6
<b>2. Специализированное ПО для математического моделирования</b>					
	Интерфейс программ специализированного ПО. Основные математические операции. Программирование.	2		4	8
<b>3. Решение уравнений математического описания</b>					
	Аналитическое решение уравнений. Решение систем линейных уравнений. Итерационные методы. Погрешность и сходимость расчета, релаксация	4		8	14
<b>4. Моделирование процессов химической технологии</b>					
	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	4		2	8
<b>5. Оптимизация технологических процессов</b>					
	Критерий оптимизации. Обобщенный критерий оптимизации. Приведение параметров к единой размерности.	2			2
	<b>Всего</b>	<b>16</b>		<b>16</b>	<b>38</b>

## 4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

Не предусмотрено учебным планом

## 4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 8				
1	Специализированное ПО для математического моделирования	Решение простейших задач средствами специализированного ПО	2	2
2	Технологическая система. Модели и моделирование	Ранжированные переменные. Графики. Решение уравнений с одним неизвестным с помощью встроенной функции «root».	2	3
3	Решение уравнений математического описания	Расчет распределения температуры по радиусу бесконечного цилиндра (звено цепи) при его охлаждении (нагреве)	4	4
4	Моделирование процессов химической технологии	Расчет температуры вторичного воздуха цементной вращающейся печи численными методами с помощью математического моделирования. Метод пошагового приближения	4	4
5	Моделирование процессов химической технологии	Расчет температуры вторичного воздуха цементной вращающейся печи численными методами с помощью математического моделирования. Метод бисекции	2	4
6	Моделирование процессов химической технологии	Расчет температуры вторичного воздуха цементной вращающейся печи численными методами с помощью математического моделирования. Метод простых итераций	2	4
ИТОГО:			16	21

## 4.4. Содержание курсового проекта/работы

Не предусмотрено учебным планом

## 4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий

Не предусмотрено учебным планом

## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 5.1. Реализация компетенций

**1 Компетенция ПК-2** Способен проводить и совершенствовать технологический процесс производства цемента и других вяжущих, управлять качеством выпускаемой продукции с применением цифровых технологий

*(код и формулировка компетенции)*

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-2.7 Проводит обработку технической информации с использованием прикладных программных средств в профессиональной деятельности	<i>Защита лабораторных работ Тестирование Дифференцированный зачет</i>

### 5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

#### 5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для дифференцированного зачета

Билет для дифференцированного зачета включает три вопроса. Для подготовки к ответу на вопросы билета, который студент вытаскивает случайным образом, отводится время 1 час. Распределение вопросов находится в закрытом для студентов доступе.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Технологическая система. Модели и моделирование.	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. Необходимость и преимущество математического моделирования. Понятие о математической модели. Этапы разработки математической модели. Точность и сложность математических моделей. Классификация задач математического моделирования. Классификация математических моделей. Составление алгоритма и программы
2	Специализированное ПО для математического моделирования	Интерфейс программ специализированного ПО. Основные математические операции. Программирование
3	Решение уравнений математического описания.	Аналитическое решение уравнений. Решение систем линейных уравнений. Итерационные методы. Погрешность, сходимость расчета, релаксация
4	Моделирование процессов химической технологии	Математическая модель цепной завесы вращающейся печи. Выводы из результатов модели цепной завесы. Моделирование пылевыноса из печи. Тройная аналогия Рецнольдса и ее применение в моделировании процессов цементной вращающейся печи
	Оптимизация технологи-	Критерий оптимизации. Обобщенный критерий оптимиза-

### 5.2.2. Перечень контрольных материалов для защиты курсового проекта/ курсовой работы

Не предусмотрено учебным планом

### 5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

Текущий контроль осуществляется в течение семестра в форме выполнения и защиты лабораторных работ и в форме тестирования

**Лабораторные работы.** Защита лабораторных работ возможна после проверки правильности выполнения задания и оформления отчета. Защита лабораторной работы производится по каждой работе в отдельности в виде индивидуального собеседования с каждым студентом. На защите даются вопросы по теоретической и практической частям выполненной работы, по данным и результатам оформленного отчета. Защита лабораторной работы производится в устной или письменной форме. Примерный перечень типовых вопросов для защиты лабораторных работ представлен в таблице

#### Перечень типовых контрольных заданий для защиты лабораторных работ

№	Тема лабораторной работы	Содержание вопросов (типовых контрольных заданий)
1.	Решение простейших задач средствами специализированного ПО	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. В какой последовательности специализированное ПО выполняет действия в документе?</li> <li>2. В каком виде специализированное ПО отображает формулы в документе?</li> <li>3. Что такое местозаполнитель?</li> <li>4. Что необходимо сделать перед расчетом выражения, включающего буквенные обозначения?</li> <li>5. Какие существуют в специализированном ПО математические панели?</li> <li>6. Какое назначение математических панелей?</li> <li>7. Какой ставится оператор при задании констант?</li> <li>8. Как узнать значение математического выражения?</li> <li>9. В какой последовательности специализированное ПО выполняет арифметические действия?</li> <li>10. Как специализированное ПО сообщает об ошибке в выражении?</li> <li>11. Различает ли специализированное ПО строчные и прописные буквы в именах переменных?</li> <li>12. Для каких целей используется панель Calculator (Калькулятор)?</li> <li>13. Что изменится в выражении, если вставить знак обычного равенства <math>\Leftarrow</math> для переменной, впервые встречающейся в документе?</li> </ol>
2.	Ранжированные переменные. Графики. Решение уравнений с одним неизвестным с помощью встроенной функции «root».	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Что такое математическая функция?</li> <li>2. Как задать ранжированную переменную с шагом равном 1?</li> <li>3. Можно ли взять из ранжированной переменной отдельный ее элемент для продолжения только с ним дальнейших математических операций?</li> </ol>



№	Тема лабораторной работы	Содержание вопросов (типовых контрольных заданий)
		4. Какая системная переменная отвечает за точность решения уравнений? 5. Какой численный метод нахождения корня уравнений реализован в функции <code>root</code> ? 6. Сколько аргументов включено в функцию <code>root</code> ? 7. Что подразумевается под начальным приближением? 8. Как создается график в специализированном ПО? 9. Какому условию должен удовлетворять интервал, который задается в функции <code>root</code> ?
3.	Расчет распределения температуры по радиусу бесконечного цилиндра (звено цепи) при его охлаждении (нагреве)	1. Каков физический смысл критерия Био? 2. Чему равна температура поверхности тела при обтекании его потоком жидкости при $Bi = \infty$ ? 3. От чего зависит точность выражения? 4. Каков физический смысл критерия Фурье? 5. Что можно рекомендовать для конструкции цепей исходя из полученных данных по распределению температуры в теле бесконечного цилиндра? 6. Почему в представленном расчете торообразное звено можно рассматривать как бесконечно длинный цилиндр? 7. Сколько корней существует? 8. Что такое корень уравнения? 9. От чего зависит точность расчета по уравнению?
4.	Расчет температуры вторичного воздуха цементной вращающейся печи численными методами с помощью математического моделирования. Метод пошагового приближения	1. Преимущества и недостатки метода пошагового приближения. 2. Алгоритм действий при осуществлении метода пошагового приближения. 3. В каком случае корень уравнения считается найденным? 4. Как и для чего осуществляется проверка выхода за диапазон измерений? 5. Что такое коэффициент $k$ ? 6. Как производится определение, если начальная точка лежит вблизи точки экстремума функции?
5.	Расчет температуры вторичного воздуха цементной вращающейся печи численными методами с помощью математического моделирования. Метод бисекции	1. На чем основан метод бисекции? 2. В чем заключается метод бисекции? 3. Возможные положения корней непрерывной функции на отрезке $[a, b]$ . 4. Алгоритм действий при осуществлении метода бисекции. 5. Как производится проверка окончания расчета? 6. Преимущества и недостатки метода бисекции.
6.	Расчет температуры вторичного воздуха цементной вращающейся печи численными методами с помощью математического моделирования. Метод простых итераций	1. Сущность метода простых итераций 2. Алгоритм действий при осуществлении метода простых итераций 3. Начальное и новое приближения. 4. Проверка сходимости итераций. 5. Проверка окончания итераций 6. Преимущества и недостатки метода простых итераций

**Тестирование** осуществляется после прохождения каждого из разделов дисциплины. На тестирование отводится 20 минут. Тестовое задание состоит из 10 вопросов.

### Перечень типовых тестовых заданий

ПК-3. Способен разрабатывать стратегию развития цементного производства на основе совершенствования технологического процесса с применением цифровых технологий и мирового опыта в промышленности	
1	1. Что такое адекватность модели? А. Соответствие характеристик модели и реального объекта с требуемой степенью точности Б. Уровень затрат на моделирование В. Возможность изучения с помощью модели группы объектов
2	2. Определение по имеющимся зависимостям вида уравнения, описывающего эту зависимость это А) прямая задача моделирования Б) обратная задача моделирования В) задача идентификации
3	3. Типовыми процессами в химической технологии являются А) Движение и теплообмен Б) Массообмен и изменение агрегатного состояния В) Химические превращения Г) Все перечисленные варианты
4	4. При численном решении систем уравнений методом итераций необходимо задать А) значение функции на концах отрезка Б) координату середины отрезка В) начальное приближение
5	5. Для нахождения корня уравнения нельзя использовать: А) метод секущей Б) метод бисекции В) метод релаксации
6	6. Если значения функции на концах отрезка $[a, b]$ имеют противоположные знаки то на данном отрезке: А) корни отсутствуют Б) присутствует один или более корней В) на отрезке четное число корней
7	7. Бесконечное число возможных значений определенной величины это А) Генеральная совокупность Б) Выборка Г) Дисперсия величины
8	8. При каком условии заканчивается расчет в методе простых итераций А) когда модуль разницы значений величины в двух последовательных итерациях достигает величины погрешности Б) когда модуль разницы значений величины в двух последовательных итерациях больше величины погрешности В) когда счетчик итераций достигает заданной величины
9	9. Метод бисекции основан на

	А) теореме Больцмана-Коши Б) методе Вейгстена В) методе конечных разностей
10	10. В каких случаях метод бисекции неприменим А) когда присутствует четное число корней Б) Когда присутствует нечетное число корней Г) когда корень расположен в точке экстремума функции.

#### 5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме дифференцированного зачета используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знание	Знание терминов, определений, понятий
	Знание основных закономерностей, соотношений, принципов
	Объем освоенного материала
	Полнота ответов на вопросы
	Четкость изложения и интерпретации знаний
Умение	Алгоритм действий при математическом моделировании
	Качество исполнения
	Самостоятельность
Навыки	Постановка цели и задач математического моделирования
	Грамотный подбор методик
	Аргументированность выводов и решений

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание терминов, определений, понятий	Не знает терминов и определений	Знает термины и определения, но допускает неточности формулировок	Знает термины и определения	Знает термины и определения, может корректно сформулировать их самостоятельно
Знание основных закономерностей, соотношений, принципов	Не знает основные закономерности и соотношения, принципы построения знаний	Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний	Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, их интерпретирует и использует	Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, может самостоятельно их получить и использовать
Объем освоенного материала	Не знает значительной части ма-	Знает только ос-	Знает материал дисциплины в до-	Обладает твердым и полным знанием

	териала дисциплины	дисциплины, не усвоил его деталей	статочном объеме	материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство вопросов	Дает неполные ответы на все вопросы	Дает ответы на вопросы, но не все - полные	Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы
Четкость изложения и интерпретации знаний	Излагает знания без логической последовательности	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности	Излагает знания без нарушений в логической последовательности	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя
	Не иллюстрирует изложение поясняющими схемами, рисунками и примерами	Выполняет поясняющие схемы и рисунки небрежно и с ошибками	Выполняет поясняющие рисунки и схемы корректно и понятно	Выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полноту усвоенных знаний
	Неверно излагает и интерпретирует знания	Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний	Грамотно и по существу излагает знания	Грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы

### Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Алгоритм действий при математическом моделировании	Не знает алгоритма действий	Знает алгоритм действий, но допускает значительные неточности	Знает алгоритм действий, допускает незначительные неточности	Знает алгоритм действий
Качество исполнения	Задание не выполнено	Задание выполнено полностью, допущены серьезные ошибки при выполнении	Задание выполнено полностью, допущены незначительные ошибки.	Задание выполнено полностью, без ошибок
Самостоятельность	Не может выполнить задание, требуется постоянная помощь в выполнении	Может выполнить задание, но требуется значительная помощь при выполнении некоторых этапов работы	Самостоятельно выполняет все этапы работы, оказывается незначительная помощь в выполнении задания	Полностью самостоятельно выполняет все этапы работы

### Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Постановка цели и задач математического моделирования	Не может произвести постановку цели и задач для решения проблемы, производит постановку	Производит постановку целей, не полностью отражающих содержание проблемы. Цели и задачи не	Производит постановку целей, отражающих содержание проблемы, но требующих до-	Производит постановку целей и задач полностью соотносящихся между собой и полностью отражающих

	новку ошибочных целей	соотносятся между собой	полнения	содержание проблемы
Грамотный подбор методик	Не может выбрать необходимую методику для решения задачи	Выбирает малоэффективные для решения задачи методики	Выбирает подходящую методику решения задачи	Выбирает наиболее оптимальную методику решения задачи
Аргументированность выводов и предложенных решений	Не может сформулировать выводы и предложить решение задачи. Предлагает ошибочные формулировки	Формулирует выводы и решения недостаточно точно отражающие цели и задачи	Формулирует выводы и предложения, требующие незначительной корректировки	Формулирует аргументированные выводы и предложения по решению задачи

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Зал курсового, дипломного проектирования и учебная лаборатория для проведения лекционных занятий, консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук
4	Зал курсового и дипломного проектирования для проведения лабораторных занятий и самостоятельной работы	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук, компьютеры
5	Читальный зал библиотеки для проведения самостоятельной работы	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду

### 6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения	Реквизиты подтверждающего документа
	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
	Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition»	Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2020 Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2022г.
	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

### **6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов**

#### **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.
2. Кафаров В. В., Глебов М. Б. Математическое моделирование основных процессов химических производств. - М.: Высш. шк., 1991. - 400 с.
3. Скурихин В. И., Шифрин В. Б., Дубровский В. В. Математическое моделирование. - Киев: Техника, 1983. - 270 с.
4. Бондарь А. Г. Математическое моделирование в химической технологии. - Киев: Вища школа, 1973. - 279 с.
5. Ахназарова С. Л., Кафаров В. В. Оптимизация эксперимента в химической технологии. - М.: Высш. шк., 1978. - 319 с.
6. Химмельблау Д. Анализ процессов статистическими методами. - М.: Мир, 1973.
7. Кузнецов В. А. Математическое моделирование тепловой работы цементной вращающейся печи. - Белгород, 1994. - 80 с.
8. Беседин П. В., Трубаев П. А. Проектирование порт ланд цементных сырьевых смесей. — Белгород: Изд. БелГТАСМ, 1994. — 126 с.
9. Кроу К. И др. Математическое моделирование химических производств / Пер. с англ. - М.: Мир, 1973. - 392 с.
10. Островский Г. М., Бережинский Т. А. Оптимизация химико-технологических процессов: Теория и практика. - М.: Химия, 1984. - 240 с.
11. Закгейм А. Ю. Введение в моделирование химико-технологических процессов. - М.: Химия, 1982. - 288 с.
12. Кафаров В. В., Перов В. Л., Мешалкин В. П. Принципы математического моделирования химико-технологических систем. - М.: Химия, 1974. - 344 с.
13. Кафаров В. В. Методы кибернетики в химии и химической технологии. - М.: Химия, 1976. - 382 с.
14. 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.

### **6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем**

- Научно-техническая библиотека БГТУ им. В.Г. Шухова <http://ntb.bstu.ru>
- Центр высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова <http://cvt.bstu.ru>

- Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru>
- Электронно-библиотечная система <http://elanbook.com>
- Электронно-библиотечная система <http://ibooks.ru>
- Российское образование. Федеральный портал [www.edu.ru](http://www.edu.ru)
- Сайт Минобрнауки России <http://mon.gov.ru>
- Web of Science [thomsonreuters.com](http://thomsonreuters.com)
- Scopus <http://scopus.com>
- РФФИ [www.rfbr.ru](http://www.rfbr.ru)
- РНФ [рнф.рф](http://рнф.рф)
- РГНФ [www.rfh.ru](http://www.rfh.ru)
- Фонд развития инновационного центра «Сколково» [www.sk.ru](http://www.sk.ru)
- ФИПС [www.fips.ru](http://www.fips.ru)



## ПРИЛОЖЕНИЯ

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

Курс представляет собой неотъемлемую часть подготовки бакалавров по направлению 18.03.01 «Химическая технология» и профилю подготовки «Химическая технология вяжущих и композиционных 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 промежуточного 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 химико-технологических процессов**» 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.