

**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  
магистратуры

 Ярмоленко И.В.

« 21 » апреля 2021 г.

УТВЕРЖДАЮ

Директор института

 Уваров В.А.

2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины

**Компьютерное моделирование материалов и процессов их получения**

Направление подготовки:

**28.04.03 Наноматериалы**

Профиль программы:

**Наноструктурированные композиты  
строительного и специального назначения**

Квалификация

**магистр**

Форма обучения

**очная**

**Институт: инженерно-строительный**

**Кафедра материаловедения и технологии материалов**

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 28.04.03 Наноматериалы, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ № 966 от 22 сентября 2017 г.;
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2021 году.

Составитель: к.т.н., доц.  (Ю.Н. Огурцова)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

« 12 » апреля 2021 г., протокол № 4

Заведующий кафедрой: д.т.н., проф.  (В.В. Строкова)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой  
материаловедения и технологии материалов

Заведующий кафедрой: д.т.н., проф.  (В.В. Строкова)

« 12 » апреля 2021 г.

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 29 » апреля 2021 г., протокол № 9

Председатель: к.т.н., доц.  (А.Ю. Феоктистов)

# 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
Общепрофессиональные  Применение фундаментальных знаний в профессиональной деятельности	ОПК-1 Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в области получения и исследования наноматериалов и новых междисциплинарных направлений с использованием естественнонаучных и математических моделей	ОПК-1.1 Владеет математическим аппаратом для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов	<b>Знать:</b> основы математического аппарата для моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов <b>Уметь:</b> выбирать инструменты математического аппарата для моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов <b>Владеть:</b> навыками использования математического аппарата для моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов
		ОПК-1.2 Использует научный инструментарий физики твердого тела для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов	<b>Знать:</b> научный инструментарий физики твердого тела для моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов <b>Уметь:</b> выбирать научный инструментарий физики твердого тела для моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов <b>Владеть:</b> навыками применения научного инструментария физики твердого тела для моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов
		ОПК-1.3 Использует физико-химический подход для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов	<b>Знать:</b> принципы физико-химического подхода для моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов <b>Уметь:</b> выбирать инструменты физико-химического подхода для моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов <b>Владеть:</b> навыками применения физико-химического подхода для моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов

		ОПК-1.4 Использует прикладные программы и средства автоматизированного проектирования при решении инженерных задач	<p><b>Знать:</b> перечень прикладных программ и средств автоматизированного проектирования при решении инженерных задач</p> <p><b>Уметь:</b> выбирать прикладные программы и средства автоматизированного проектирования при решении инженерных задач</p> <p><b>Владеть:</b> навыками применения прикладных программ и средств автоматизированного проектирования при решении инженерных задач</p>
<p>Общепрофессиональные</p> <p>Использование информационных технологий</p>	ОПК-5 Способен использовать инструментарий формализации инженерных, научно-технических задач, прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования объектов, систем и процессов	ОПК-5.2 Определяет перечень ресурсов и программного обеспечения для использования в профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности	<p><b>Знать:</b> инструментарий формализации инженерных, научно-технических задач, прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования объектов, систем и процессов</p> <p><b>Уметь:</b> выбирать инструментарий формализации инженерных, научно-технических задач, прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования объектов, систем и процессов</p> <p><b>Владеть:</b> навыками выбора инструментария формализации инженерных, научно-технических задач, прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования объектов, систем и процессов</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

**1. Компетенция ОПК-1** Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в области получения и исследования наноматериалов и новых междисциплинарных направлений с использованием естественнонаучных и математических моделей

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1.	Методология научных исследований
2.	Общая технология наносистем и наноматериалов
3.	Методы и средства измерений, контроля и испытаний наноструктурированных композиционных материалов
4.	Компьютерное моделирование материалов и процессов их получения
5.	Современные модификаторы композитов различного назначения и состава

**2. Компетенция ОПК-5** Способен использовать инструментарий формализации инженерных, научно-технических задач, прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования объектов, систем и процессов

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1.	Информационные технологии в науке и технике
2.	Методология научных исследований
3.	Современные проблемы и методы нанотехнологий
4.	Компьютерное моделирование материалов и процессов их получения
5.	Защита интеллектуальной собственности и коммерциализация разработок

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зач. единицы, 144 часа.

Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки: 2 зач. единицы.

Форма промежуточной аттестации экзамен.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 1
Общая трудоемкость дисциплины, час	144	144
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	56	56
лекции	34	34
лабораторные		
практические	17	17
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	5	5
<b>Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:</b>	88	88
Курсовой проект		
Курсовая работа		
Расчетно-графическое задание	18	18
Индивидуальное домашнее задание		
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	34	34
Экзамен	36	36

<sup>1</sup> в соответствии с ЛНА предусматривать

- не менее 0,5 академического часа самостоятельной работы на 1 час лекций,
- не менее 1 академического часа самостоятельной работы на 1 час лабораторных и практических занятий,
- 36 академических часов самостоятельной работы на 1 экзамен
- 54 академических часов самостоятельной работы на 1 курсовой проект, включая подготовку проекта, индивидуальные консультации и защиту
- 36 академических часов самостоятельной работы на 1 курсовую работу, включая подготовку работы, индивидуальные консультации и защиту
- 18 академических часов самостоятельной работы на 1 расчетно-графическую работу, включая подготовку работы, индивидуальные консультации и защиту
- 9 академических часов самостоятельной работы на 1 индивидуальное домашнее задание, включая подготовку задания, индивидуальные консультации и защиту
- не менее 2 академических часов самостоятельной работы на консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации

<sup>1</sup> включают предэкзаменационные консультации (при наличии), а также текущие консультации из расчета 10% от лекционных часов (приводятся к целому числу)

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Наименование тем, их содержание и объем

#### Курс 1 Семестр 1

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
<b>1. Виды и уровни моделирования</b>					
	Основные понятия моделирования. Синтез математических моделей технологических процессов. Численные методы при компьютерном моделировании технологических процессов и материалов. Моделирование материалов и процессов.	17	9		17,5
<b>2. Управление и оптимизация технологических процессов</b>					
	Управление технологическими процессами в динамике. Постановка и классификация задач условной оптимизации. Организация вычислительного эксперимента. Примеры моделирования технологических процессов и материалов.	17	8		16,5
	<b>ВСЕГО</b>	<b>34</b>	<b>17</b>		<b>34</b>

## 4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
семестр №1				
1	Виды и уровни моделирования	Определение параметров регрессионной модели по экспериментальным данным методом наименьших квадратов	3	3
2	Виды и уровни моделирования	Синтез математической модели динамической системы с сосредоточенными и распределенными параметрами	3	3
3	Виды и уровни моделирования	Численные методы при компьютерном моделировании технологических процессов и материалов	3	3
4	Управление и оптимизация технологических процессов	Методы безусловной оптимизации	3	3
5	Управление и оптимизация технологических процессов	Применение методов линейного программирования для моделирования и решения производственных задач	3	3
6	Управление и оптимизация технологических процессов	Моделирование процесса роста кристаллов, микро- и нанопокровтий.	2	2
ИТОГО			17	17
ВСЕГО:				17

## 4.3. Содержание лабораторных занятий

Не предусмотрено учебным планом

## 4.4. Содержание курсового проекта/работы

Не предусмотрено учебным планом

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

В процессе выполнения расчетно-графического задания осуществляется контактная работа обучающегося с преподавателем. Консультации проводятся в аудиториях и/или посредством электронной информационно-образовательной среды университета.

Тема расчетно-графического задания – Построение и расчет модели процесса

нагрева твердого тела на основе известных физических закономерностей.

Цель расчетно-графического задания – понимание принципов построения математических моделей путем создания модели процесса нагрева однородного твердого тела от внутренних источников тепла.

В соответствии с выданным номером варианта студентам необходимо выполнить расчетно-графическое задание.

Осуществить построение и расчет модели процесса нагрева твердого тела на основе исходных данных:

#### Вариант 1

P=	25		dt	dT	T
C=	1		1		0
K=	0,75				

#### Вариант 2

P=	50		dt	dT	T
C=	3		1,25		0
K=	1				

#### Вариант 3

P=	75		dt	dT	T
C=	5		1,5		0
K=	1,25				

#### Вариант 4

P=	75		dt	dT	T
C=	7		1		0
K=	1,5				

#### Вариант 5

P=	50		dt	dT	T
C=	9		1,25		0
K=	1,75				

#### Вариант 6

P=	25		dt	dT	T
C=	11		1,5		0
K=	2				

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

### 5.1. Реализация компетенций

**1 Компетенция** ОПК-1 Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в области получения и исследования наноматериалов и новых междисциплинарных направлений с использованием естественнонаучных и математических моделей

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ОПК-1.1 Владеет математическим аппаратом для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов	защита практической работы, экзамен
ОПК-1.2 Использует научный инструментарий физики твердого тела для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов	защита практической работы, экзамен
ОПК-1.3 Использует физико-химический подход для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов	защита практической работы, экзамен
ОПК-1.4 Использует прикладные программы и средства автоматизированного проектирования при решении инженерных задач	защита расчетно-графического задания, экзамен

**2 Компетенция** ОПК-5 Способен использовать инструментарий формализации инженерных, научно-технических задач, прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования объектов, систем и процессов

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ОПК-5.2 Определяет перечень ресурсов и программного обеспечения для использования в профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности	защита практической работы, экзамен

### 5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

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

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
-------	---------------------------------	---------------------------------------

1.	Виды и уровни моделирования	Общие сведения о математическом моделировании.
2.	Виды и уровни моделирования	Основные понятия и задачи моделирования.
3.	Виды и уровни моделирования	Виды и уровни моделирования.
4.	Виды и уровни моделирования	Моделирование детерминированных процессов.
5.	Виды и уровни моделирования	Общие вопросы синтеза математических моделей технологических процессов.
6.	Виды и уровни моделирования	Математический аппарат, используемый при синтезе математических моделей.
7.	Виды и уровни моделирования	Интерполирование и экстраполирование.
8.	Виды и уровни моделирования	Методы первичной обработки статистических данных.
9.	Виды и уровни моделирования	Понятие о численных методах решения алгебраических и дифференциальных уравнений.
10.	Виды и уровни моделирования	Обзор математических и статистических систем
11.	Виды и уровни моделирования	Математические модели материалов и технологических процессов их получения и переработки.
12.	Виды и уровни моделирования	Модели для описания тепловых процессов.
13.	Виды и уровни моделирования	Модели переноса тепла теплопроводностью (стационарная).
14.	Виды и уровни моделирования	Модели переноса тепла теплопроводностью (плоская).
15.	Виды и уровни моделирования	Модели переноса тепла теплопроводностью (цилиндрическая).
16.	Виды и уровни моделирования	Модели переноса тепла теплопроводностью (с переменными свойствами).
17.	Виды и уровни моделирования	Модели переноса тепла теплопроводностью (с оребрением поверхности).
18.	Виды и уровни моделирования	Модели переноса тепла теплопроводностью (нестационарная).
19.	Виды и уровни моделирования	Конвективный перенос тепла и вещества.
20.	Виды и уровни моделирования	Теплопроводность и диффузия. Основные уравнения модели.
21.	Управление и оптимизация технологических процессов	Понятие о задаче условной оптимизации.
22.	Управление и оптимизация технологических процессов	Классификация задач оптимизации.
23.	Управление и оптимизация технологических процессов	Понятие о численных методах оптимизации.
24.	Управление и	Условия оптимальности в общей задаче оптимизации

	оптимизация технологических процессов	
25.	Управление и оптимизация технологических процессов	Понятие погрешности (источники возникновения, абсолютная и относительная погрешности, распространение погрешностей при вычислениях).
26.	Управление и оптимизация технологических процессов	Достоверность результатов вычислительного эксперимента.
27.	Управление и оптимизация технологических процессов	Оптимальный выбор численного метода.
28.	Управление и оптимизация технологических процессов	Моделирование процессов массо-переноса.
29.	Управление и оптимизация технологических процессов	Моделирование процессов тепло-переноса.
30.	Управление и оптимизация технологических процессов	Моделирование процессов электро-переноса.
31.	Управление и оптимизация технологических процессов	Моделирование процесса роста кристаллов,
32.	Управление и оптимизация технологических процессов	Моделирование процесса роста микро- и нанопокровов.
33.	Управление и оптимизация технологических процессов	Моделирование наноструктур.

**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

#### Практические работы

1. Что понимается под объектом моделирования?
2. Что такое гипотеза в моделировании?
3. Дайте определение модели.
4. Что такое математическая модель?
5. Приведите пример аналогии в физических процессах.
6. Дайте классификацию процессов как объектов моделирования.
7. Чем отличаются стохастические процессы от детерминированных?
8. Опишите постановку задачи моделирования в общем виде.
9. Дайте общую классификацию математических моделей.
10. Какова структура модели математического программирования?
11. Что понимают под структурно-параметрическим описанием объекта моделирования?
12. В чем состоит различие между линейными и нелинейными моделями?
13. В каких случаях используется корреляционный коэффициент, а в каких – корреляционное отношение как критерий адекватности модели?
14. Дайте классификацию моделируемых процессов по характеру их протекания.
15. Перечислите основные этапы построения математической модели.
16. Опишите метод активного и пассивного эксперимента. Чем они отличаются?
17. Какой математический аппарат используется при синтезе математических моделей детерминированных процессов?
18. Какие системы относят к системам с распределенными параметрами?
19. Что такое сплошная среда?
20. Каким уравнением в частных производных моделируется процесс теплопереноса?
21. В чем состоит идея метода аналогий?
22. Опишите экспериментально-статистический метод моделирования.
23. Модели каких процессов описываются дифференциальными уравнениями?
24. Сформулируйте, в чем заключается задача регрессионного анализа.
25. Какую величину называют случайной? Опишите основные типы случайных величин.
26. Что такое закон распределения случайной величины?
27. Назовите виды регрессионных зависимостей.
28. Какая характеристика служит для оценки качества линейной модели? Какие она может принимать значения?
29. Опишите суть метода наименьших квадратов.
30. Какая характеристика служит для оценки качества нелинейной модели? Какие она может принимать значения?
31. Что такое корреляция? Какие виды корреляции вы знаете?
32. Как строится линия регрессии?
33. Опишите метод построения гистограммы.

34. В чем заключается содержательный анализ остатков модели?
35. Сформулируйте задачу безусловной оптимизации.
36. Каковы необходимые и достаточные условия оптимальности в задачах одномерной безусловной оптимизации?
37. В чем состоит свойство унимодальности функций?
38. Сформулируйте утверждение, на которое опираются все методы одномерной минимизации.
39. Опишите алгоритм, позволяющий найти начальный отрезок локализации минимума.
40. Назовите преимущества и недостатки методов дихотомии, Фибоначчи и золотого сечения.
41. В чем состоит суть интерполяционных методов минимизации?
42. Дайте определение направления убывания. Сформулируйте необходимые и достаточные условия направления убывания.
43. В чем состоит общая идея методов спуска? Укажите хотя бы один метод, являющийся методом спуска.
44. Что такое моно- и мультимодальные функции?
45. Определите хотя бы один отрезок унимодальности функции  $f(x) = x - 2x^2 + 0,2x^5$ .
46. Минимизируйте функцию  $f(x) = 3x^2 + 12/x^3 - 5$  на отрезке  $0,5 \leq x \leq 2,5$ , используя а) метод дихотомии, б) метод золотого сечения, в) метод Фибоначчи, г) метод парабол. В каждом случае проведите по четыре вычисления значений функции. Сравните результирующие отрезки локализации минимума.
47. Дана функция Розенброка  $f(x) = 100(x^2 - (x_1)^2)^2 + (1 - x_1)^2$  и начальная точка  $x(0) = (-1, 2; 0)$ . Найдите точку локального минимума этой функции, пользуясь методом покоординатного спуска, с точностью до 0,2.
48. В процессе поиска точки минимума функции Розенброка (см. предыдущее упражнение) получены две первые точки  $x(0) = (-1, 2; 1)$ ,  $x(1) = (-1, 3; 1, 07)$ . Определите направление поиска из точки  $x(1)$ , пользуясь следующими градиентными методами: а) методом наискорейшего спуска, б) методом Ньютона.
49. Сформулируйте общую задачу оптимизации.
50. Дайте определение следующих понятий: целевая функция, допустимое множество, допустимая точка, решение задачи оптимизации.
51. Перечислите основные этапы реализации оптимизационной задачи.
52. Охарактеризуйте основные направления применения методов оптимизации в инженерной деятельности.
53. Приведите примеры оптимизационных задач из практики.
54. Дайте классификацию задач оптимизации.
55. В чем отличие локального минимума от глобального? Проиллюстрируйте примером.
56. Дайте определение строгого минимума.
57. Сформулируйте теорему Вейерштрасса о существовании решения задачи оптимизации.
58. Что понимается под характеристиками задачи оптимизации?
59. В чем состоит общая суть всех критериев оптимальности допустимой

точки?

60. Укажите все глобальные и локальные экстремумы (если они существуют) следующих функций: а)  $f = (2 - x)(x + 1)^2$ ; б)  $f = \ln(x^2 + 1)$ ; в)  $f = x - 2\sin x^2$ .

61. Сформулируйте общую задачу линейного программирования.

62. Чем отличается основная задача ЛП от общей?

63. Чем отличается общая задача ЛП от канонической?

64. Всегда ли общую задачу ЛП можно привести к канонической форме?

Опишите метод приведения общей задачи к каноническому виду.

65. Какие ограничения называют жесткими (нежесткими)?

66. Приведите примеры существенных и несущественных ограничений.

67. Чем отличается выпуклый многогранник от выпуклого многогранного множества?

68. Дайте определение угловой точки выпуклого многогранного множества.

69. Сформулируйте основную теорему линейного программирования.

70. В чем заключается первая геометрическая интерпретация задачи ЛП?

71. В чем состоит идея геометрического метода решения задачи ЛП? Для каких задач он применим?

72. В чем заключается вторая геометрическая интерпретация задачи ЛП?

73. Дайте определения следующих понятий: опорная точка (опорный план) допустимого множества, базис опорной точки, базисные переменные.

74. Дайте определение двойственной задачи ЛП.

75. Каким свойством обладает отношение двойственности?

76. Перечислите основные свойства пары двойственных задач (теоремы двойственности).

77. Каково практическое значение теорем двойственности?

78. Какая из теорем двойственности является критерием оптимальности для задач ЛП и в чем ее суть?

79. Дайте содержательную формулировку и математическую постановку транспортной задачи?

80. Что такое условие баланса и какова его роль в транспортных задачах?

81. Сформулируйте задачу целочисленного линейного программирования.

82. Сформулируйте задачу о рюкзаке. К какому классу задач целочисленного программирования она относится?

83. Сформулируйте задачу о коммивояжере. К какому классу задач целочисленного программирования она относится?

84. В чем состоит суть задачи раскроя?

85. Для каких оптимизационных задач применяется метод динамического программирования?

86. В чем заключается суть метода динамического программирования?

87. Сформулируйте принцип оптимальности Беллмана.

88. Дайте понятие идентификации в широком и узком смысле.

89. Опишите структурную схему процесса идентификации.

90. Что понимают под структурной идентификацией?

91. Перечислите методы структурной идентификации и дайте их краткое описание.

92. В чем состоит суть метода параметрической идентификации?

93. Охарактеризуйте особенности идентификации стохастических и динамических моделей.
94. Что является критерием идентичности модели и объекта?
95. Что такое адаптивная и неадаптивная идентификация?
96. Что является предметом структурной идентификации?
97. Какие задачи необходимо решить при выборе структуры объекта?
98. Какова цель параметрической идентификации?
99. Что такое функция локальной невязки?
100. Какие критерии могут быть использованы в качестве суммарной невязки?
101. При каком значении относительной невязки модель считается адекватной?
102. Перечислите источники возникновения и распространения погрешностей.
103. Приведите математическую модель процесса в общем виде.
104. Кратко опишите процесс обжига сульфидных концентратов в кипящем слое.
105. Представьте химизм процесса обжига сульфидных концентратов в кипящем слое.
106. Перечислите допущения, принятые при составлении математической модели процесса обжига.
107. Опишите основные входные, выходные и внутренние параметры процесса обжига.
108. Перечислите основные управляющие воздействия процесса и пределы их изменения. Каким образом они влияют на температуру процесса?
109. Приведите уравнение материального баланса процесса обжига.
110. Напишите уравнение теплового баланса процесса обжига.
111. Какие параметры учитываются при выводе дифференциальных уравнений процесса обжига?
112. С какой целью производится обжиг катодов алюминиевых электролизеров?
113. Приведите режимы обжига катодов и дайте их сравнительный анализ.
114. На какие качественные характеристики влияет режим обжига катодов?
115. Какие режимы расчета напряжений катодов применяются на практике?
116. Поясните сущность пошагового расчета напряжений.
117. Опишите порядок работы с тренажером.
118. Какой вид имеет кривая напряжений? Какие параметры можно по ней определить?
119. Поясните сущность расчета с листа.
120. Какие первоначальные параметры влияют на качество обжига катодов?
121. Нарисуйте кривые изменения температуры для различных слоев катода.

### **Расчетно-графическое задание**

1. Базовые модельные представления
2. Переходные процессы нагрева и охлаждения

3. Ограничения для упрощения модели
4. Аналитическое решение
5. Численный расчет модели процесса нагрева твердого тела в Excel
6. Модель нагрева
7. Сравнение численного и аналитического решений модели
8. Сравнение численного и аналитического решений модели в условиях охлаждения

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

При промежуточной аттестации в форме экзамена 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
Знания	основы математического аппарата для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов
	научный инструментарий физики твердого тела
	принципы физико-химического подхода для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов
	перечень прикладных программ и средств автоматизированного проектирования при решении инженерных задач
	инструментарий формализации инженерных, научно-технических задач, прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования объектов, систем и процессов
	перечень прикладных программ и средств автоматизированного проектирования при решении инженерных задач
Умения	выбирать инструменты математического аппарата для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов
	выбирать научный инструментарий физики твердого тела для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов
	выбирать инструменты физико-химического подхода для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов
	выбирать прикладные программы и средства автоматизированного проектирования при решении инженерных задач
	выбирать инструментарий формализации инженерных, научно-технических задач, прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования объектов, систем и процессов
	выбирать прикладные программы и средства автоматизированного проектирования при решении инженерных задач
Владение	навыками использования математического аппарата для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов
	навыками применения научного инструментария физики твердого тела для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов

	навыками применения физико-химического подхода для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов
	навыками применения прикладных программ и средств автоматизированного проектирования при решении инженерных задач
	навыками выбора инструментария формализации инженерных, научно-технических задач, прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования объектов, систем и процессов
	навыками применения прикладных программ и средств автоматизированного проектирования при решении инженерных задач

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 основ математического аппарата для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов	Не знает основы математического аппарата для моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов	Допускает ошибки при изложении основ математического аппарата для моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов	Знает основы математического аппарата для моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов	Исчерпывающе излагает основы математического аппарата для моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов, приводит примеры
Знание научного инструментария физики твердого тела	Не знает научный инструментарий физики твердого тела для моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов	Допускает ошибки при изложении научного инструментария физики твердого тела для моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов	Знает научный инструментарий физики твердого тела для моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов	Исчерпывающе излагает научный инструментарий физики твердого тела, приводит примеры для моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов
Знание принципов физико-химического подхода для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов	Не знает принципы физико-химического подхода для моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов	Допускает ошибки при изложении принципов физико-химического подхода для моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов	Знает принципы физико-химического подхода для моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов	Исчерпывающе излагает принципы физико-химического подхода для моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов, приводит примеры
Знание перечня прикладных программ и средств автоматизированного проектирования	Не знает перечень прикладных программ и средств автоматизированного проектирования	Допускает ошибки при изложении перечня прикладных программ и средств автоматизированного проектирования	Знает перечень прикладных программ и средств автоматизированного проектирования	Исчерпывающе излагает перечень прикладных программ и средств автоматизированного проектирования

при решении инженерных задач	при решении инженерных задач	ого проектирования при решении инженерных задач	при решении инженерных задач	проектирования при решении инженерных задач, приводит примеры
Знание инструментария формализации инженерных, научно-технических задач, прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования объектов, систем и процессов	Не знает инструментарий формализации инженерных, научно-технических задач, прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования объектов, систем и процессов	Допускает ошибки при изложении инструментария формализации инженерных, научно-технических задач, прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования объектов, систем и процессов	Знает инструментарий формализации инженерных, научно-технических задач, прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования объектов, систем и процессов	Исчерпывающе излагает инструментарий формализации инженерных, научно-технических задач, прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования объектов, систем и процессов, приводит примеры
Знание перечня прикладных программ и средств автоматизированного проектирования при решении инженерных задач	Не знает перечень прикладных программ и средств автоматизированного проектирования при решении инженерных задач	Допускает ошибки при изложении перечня прикладных программ и средств автоматизированного проектирования при решении инженерных задач	Знает перечень прикладных программ и средств автоматизированного проектирования при решении инженерных задач	Исчерпывающе излагает перечень прикладных программ и средств автоматизированного проектирования при решении инженерных задач, приводит примеры

### Оценка сформированности компетенций по показателю Умения

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Умение выбирать инструменты математического аппарата для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов	Не умеет выбирать инструменты математического аппарата для моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов	Допускает ошибки при выборе инструментов математического аппарата для моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов	Умеет выбирать инструменты математического аппарата для моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов	Обоснованно выбирает инструменты математического аппарата для моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов, проводит сравнения
Умение выбирать научный инструментарий физики твердого тела для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования процессов синтеза и исследования	Не умеет выбирать научный инструментарий физики твердого тела для моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов	Допускает ошибки при выборе научного инструментария физики твердого тела для моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов	Умеет выбирать научный инструментарий физики твердого тела для моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов	Обоснованно выбирает научный инструментарий физики твердого тела для моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов, проводит сравнения

наноматериалов				
Умение выбирать инструменты физико-химического подхода для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов	Не умеет выбирать инструменты физико-химического подхода для моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов	Допускает ошибки при выборе инструментов физико-химического подхода для моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов	Умеет выбирать инструменты физико-химического подхода для моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов	Обоснованно выбирает инструменты физико-химического подхода для моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов, проводит сравнения
Умение выбирать прикладные программы и средства автоматизированного проектирования при решении инженерных задач	Не умеет выбирать прикладные программы и средства автоматизированного проектирования при решении инженерных задач	Допускает ошибки при выборе прикладных программ и средств автоматизированного проектирования при решении инженерных задач	Умеет выбирать прикладные программы и средства автоматизированного проектирования при решении инженерных задач	Обоснованно выбирает прикладные программы и средства автоматизированного проектирования при решении инженерных задач, проводит сравнения
Умение выбирать инструментарий формализации инженерных, научно-технических задач, прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования объектов, систем и процессов	Не умеет выбирать инструментарий формализации инженерных, научно-технических задач, прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования объектов, систем и процессов	Допускает ошибки при выборе инструментария формализации инженерных, научно-технических задач, прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования объектов, систем и процессов	Умеет выбирать инструментарий формализации инженерных, научно-технических задач, прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования объектов, систем и процессов	Обоснованно выбирает инструментарий формализации инженерных, научно-технических задач, прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования объектов, систем и процессов, проводит сравнения
Умение выбирать прикладные программы и средства автоматизированного проектирования при решении инженерных задач	Не умеет выбирать прикладные программы и средства автоматизированного проектирования при решении инженерных задач	Допускает ошибки при выборе прикладных программ и средств автоматизированного проектирования при решении инженерных задач	Умеет выбирать прикладные программы и средства автоматизированного проектирования при решении инженерных задач	Обоснованно выбирает прикладные программы и средства автоматизированного проектирования при решении инженерных задач, проводит сравнения

## Оценка сформированности компетенций по показателю Владение

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Владение навыками использования математического аппарата для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов	Не владеет навыками использования математического аппарата для моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов	Допускает ошибки при использовании математического аппарата для моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов	Владеет навыками использования математического аппарата для моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов	Обоснованно использует математический аппарат для моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов, предлагает способы оптимизации
Владение навыками применения научного инструментария физики твердого тела для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов	Не владеет навыками применения научного инструментария физики твердого тела для моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов	Допускает ошибки при применении научного инструментария физики твердого тела для моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов	Владеет навыками применения научного инструментария физики твердого тела для моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов	Обоснованно применяет научный инструментарий физики твердого тела для моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов, предлагает способы оптимизации
Владение навыками применения физико-химического подхода для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов	Не владеет навыками применения физико-химического подхода для моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов	Допускает ошибки при применении физико-химического подхода для моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов	Владеет навыками применения физико-химического подхода для моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов	Обоснованно применяет физико-химические подходы для моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов, предлагает способы оптимизации
Владение навыками применения прикладных программ и средств автоматизированного проектирования при решении инженерных задач	Не владеет навыками применения прикладных программ и средств автоматизированного проектирования при решении инженерных задач	Допускает ошибки при применении прикладных программ и средств автоматизированного проектирования при решении инженерных задач	Владеет навыками применения прикладных программ и средств автоматизированного проектирования при решении инженерных задач	Обоснованно применяет прикладные программы и средства автоматизированного проектирования при решении инженерных задач, предлагает способы оптимизации

<p>Владение навыками выбора инструментария формализации инженерных, научно-технических задач, прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования объектов, систем и процессов</p>	<p>Не владеет навыками выбора инструментария формализации инженерных, научно-технических задач, прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования объектов, систем и процессов</p>	<p>Допускает ошибки при выборе инструментария формализации инженерных, научно-технических задач, прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования объектов, систем и процессов</p>	<p>Владеет навыками выбора инструментария формализации инженерных, научно-технических задач, прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования объектов, систем и процессов</p>	<p>Обоснованно применяет инструментарий формализации инженерных, научно-технических задач, прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования объектов, систем и процессов, предлагает способы оптимизации</p>
<p>Владение навыками применения прикладных программ и средств автоматизированного проектирования при решении инженерных задач</p>	<p>Не владеет навыками применения прикладных программ и средств автоматизированного проектирования при решении инженерных задач</p>	<p>Допускает ошибки при применении прикладных программ и средств автоматизированного проектирования при решении инженерных задач</p>	<p>Владеет навыками применения прикладных программ и средств автоматизированного проектирования при решении инженерных задач</p>	<p>Обоснованно применяет прикладные программы и средства автоматизированного проектирования при решении инженерных задач, предлагает способы оптимизации</p>

## 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.	Учебная аудитория для проведения лекционных и практических занятий, консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации, самостоятельной работы УКЗ, №103	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук
2.	Компьютерный зал (229 УК4, 410 УК2, 124 ГУК, 412-412а ГУК, 413 ГУК, 414-414а ГУК, 416-417 ГУК, 511-512 ГУК, 509-510 ГУК, 408 УК3)	Компьютерная техника с программным обеспечением AutoCAD
3.	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду
4.	Методический кабинет	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук

### 6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1	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
2	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
3	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.
4	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
5	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
6	Matlab R2014b	Лицензия № 362444 (сетевая версия). Акт предоставления прав № Ах025341 от 06.07.2016
7	Mathcad 14.0	Договор № 2480616 от 11.03.2008

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
	WinPLOT	Свободно распространяемое ПО

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

1. Семейкин А.Ю. Компьютерное моделирование систем и технологий нанотехнологий. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2017. 34 с.
2. Сулейманова Л.А. Компьютерное моделирование строительных композиционных материалов: метод. указания к выполнению практ. работ для студентов. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. 41 с.
3. Гнездилова С.А. Компьютерное моделирование [Электронный ресурс]: метод. указания к выполнению лаб. работ / С.А. Гнездилова, А.С. Погромский. – Электрон. текстовые дан. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2013.
4. Поршнев С.В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MathCAD: учебное пособие / С.В. Поршнев. Москва: Горячая линия – Телеком, 2004. 319 с.
5. Поршнев, С. В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB: учеб. пособие / С.В. Поршнев. Москва: Горячая линия – Телеком, 2003. 592 с.
6. Журкин И.Г. Геоинформационные системы: учебное пособие / И.Г. Журкин, С.В. Шайтура; ред. И. Г. Журкин. – М.: КУДИЦ-ПРЕСС, 2009. – 272 с.
7. Глухих И.Н. Интеллектуальные информационные системы: учеб. пособие / И.Н. Глухих; ГОУ ВПО Тюменский государственный университет. – М.: Издательский центр "Академия", 2010. – 110 с.
8. Климачёва, Т.Н. AutoCAD техническое черчение и 3D-моделирование / Т.Н. Климачёва. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2008. – 896 с.
9. Самсонов, В.В. Автоматизация конструкторских работ в среде компас-3D: учеб. пособие / В.В. Самсонов, Г.А. Красильникова. – Москва: Академия, 2009. – 224 с.
10. Раклов, В.П. Картография и ГИС: учеб. пособие / В.П. Раклов; Государственный университет по землеустройству. – Киров: Константа; Москва: "Академический Проект", 2011. – 214 с.
11. Обеспечение надежности сложных технологических систем: учеб. для студентов вузов / А.Н. Дорохов [и др.]. – Санкт-Петербург: Лань, 2011. – 348 с.
12. Булгаков, С.Б. Основы систем автоматизированного проектирования: учеб. пособие / С.Б. Булгаков. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2010. – 123 с.

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

1. Диагностика автоматизированного производства [Электронный ресурс]. – Москва: Машиностроение, 2011. – 600 с.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=2020](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2020)
2. Советов, Б.Я. Информационные технологии: теоретические основы [Электронный ресурс] / Б.Я. Советов. – Москва: Лань", 2016.

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=71733](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=71733)

1. Бабич, А.В. Эффективная обработка информации (Mind mapping) [Электронный ресурс]: учебное пособие / Бабич А.В. – Москва: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016. – 223 с.  
<http://www.iprbookshop.ru/52222.html?replacement=1>

2. Назаров, С.В. Основы информационных технологий [Электронный ресурс]: учебное пособие / Назаров С.В. – Москва: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016. – 422 с.  
<http://www.iprbookshop.ru/52159.html?replacement=1>