

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Нижегородский государственный технический университет**  
**им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ)**

---

Образовательно-научный институт физико-химических технологий  
и материаловедения (ИФХТиМ)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института:

\_\_\_\_\_ Мацулевич Ж.В.

подпись

“ 10 ” июня \_\_\_\_\_ 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.ОД.7 «Моделирование процессов и объектов»**

(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)

для подготовки бакалавров

Направление подготовки: 22.03.02 «Металлургия»

\_\_\_\_\_

(код и направление подготовки, специальности)

Направленность: профиль «Производство и сбыт металлопродукции»

\_\_\_\_\_

(наименование профиля, программы магистратуры, специализации)

Форма обучения: очная

\_\_\_\_\_

(очная, очно-заочная, заочная)

Год начала подготовки 2021

Выпускающая кафедра «Металлургические технологии и оборудование» (МТО)

Кафедра-разработчик «Металлургические технологии и оборудование» (МТО)

Объем дисциплины 144 часа / 4 з.е.

Промежуточная аттестация экзамен

Разработчик: Леушин И.О., д.т.н., профессор

НИЖНИЙ НОВГОРОД, 2021

Рецензент: Харчев Р.М., главный металлург АО ПКМ «Теплообменник» \_\_\_\_\_  
(ФИО, ученая степень, ученое звание) (подпись)  
« 20 » \_\_\_\_\_ мая 2021 г.

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++)  
по направлению подготовки 22.03.02 «Металлургия»,  
утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 02.06.2020 г. № 702  
на основании учебного плана, принятого УМС НГТУ  
протокол от 10.06.2021 г. № 6

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры протокол от 03.06.2021 г. № 11

Зав. кафедрой д.т.н., профессор \_\_\_\_\_ Леушин И.О. \_\_\_\_\_  
(учёная степень, учёное звание) (ФИО) (подпись)

Программа рекомендована к утверждению Учебно-методическим советом института ИФХТиМ ,  
протокол от 08.06.2021 г. № 1

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ, регистрационный № 22.03.02-С-33

Начальник МО \_\_\_\_\_  
(подпись)

Заведующая отделом комплектования НТБ \_\_\_\_\_ Ермолаева Г.Н.  
(подпись)

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Цель и задачи освоения дисциплины.....	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	4
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины.....	4
4. Структура и содержание дисциплины.....	9
5. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины.....	16
6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.....	19
7. Информационное обеспечение дисциплины.....	21
8. Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ.....	23
9. Материально-техническое обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	24
10. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины.....	25
11.Оценочные средства для контроля освоения дисциплины.....	27
Лист актуализации рабочей программы дисциплины.....	32

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1. Целью освоения дисциплины** является формирование и развитие у студентов компетенций, позволяющих моделировать объекты действующего производства на основе глубокого понимания их природы.

### 1.2. Задачи освоения дисциплины

Дисциплина «Моделирование процессов и объектов» готовит к решению задач профессиональной деятельности технологического типа:

- осуществление технологических процессов получения и обработки металлов и сплавов, а также изделий из них;
- осуществление мероприятий по защите окружающей среды от техногенных воздействий производства;
- выполнение мероприятий по обеспечению качества продукции;
- составление необходимой технической и нормативной документации.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина «Моделирование процессов и объектов» включена в перечень дисциплин вариативной части (формируемой участниками образовательных отношений), определяющий направленность ОП. Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: Б1.Б.5 «Математика», Б1.Б.6 «Физика», Б1.Б.10 «Теплофизика», Б1.Б.20 «Введение в металлургические технологии».

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при изучении следующих дисциплин: Б1.В.ДВ.2.1 «Основы проектирования металлургических производств», ФТД.3 «Цифровые технологии производства литья», Б2.П.2 Технологическая (проектно-технологическая) практика, а также при выполнении выпускной квалификационной работы

Рабочая программа дисциплины «Моделирование процессов и объектов» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на:

- формирование элементов следующей профессиональной компетенции в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по направлению подготовки: 22.03.02 «Металлургия»: ПК-2 (табл. 1).

Таблица 1 - Формирование компетенций дисциплиной

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования компетенций дисциплиной							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Код компетенции ПК-2								
Б1.В.ОД.2 Основы автоматизации металлургических процессов				+				
Б1.В.ОД.4 Неметаллические материалы в производстве металлопродукции				+				
<b>Б1.В.ОД.7 Моделирование процессов и объектов</b>					+			

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования компетенций дисциплиной							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Б1.В.ОД.9.2 Теория литейных процессов					+			
Б1.В.ДВ.1.1 Экология металлургии и рециклинг промышленных отходов					+			
Б1.В.ДВ.1.2 Трубное производство					+			
Б1.В.ДВ.2.1 Основы проектирования металлургических производств							+	
Б1.В.ДВ.2.2 Основы инвестиционного проектирования в металлургии							+	
Б1.В.ДВ.3.1 Процессы и оборудование для очистки газов в металлургических агрегатах								+
Б1.В.ДВ.3.2 Непрерывное литье заготовок								+
Б1.В.ДВ.4.1 Производственная логистика в металлургии								+
Б1.В.ДВ.4.2 Экологические проблемы литейного производства								+
Б1.В.ДВ.5.1 Бизнес-планирование и маркетинг производства металлопродукции							+	
Б1.В.ДВ.5.2 Логистика в металлургии							+	
Б1.В.ДВ.6.1 Инновационные технологии производства металлопродукции								+
Б1.В.ДВ.6.2 Сбыт металлопродукции								+
ФТД.2 Производственные технологии						+		
ФТД.3 Цифровые технологии производства литья								+
Б2.П.1 Организационно-управленческая практика				+				
Б2.П.2 Технологическая (проектно-технологическая) практика						+		
Б2.П.3 Преддипломная практика								+
Б3.Д.1 Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы								+

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся компетенций, представленных в таблице 2.



**ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ  
С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОП**

Таблица 2- Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Трудовая функция	Оценочные средства	
				Текущего контроля	Промежуточной аттестации

<p><b>ПК-2.</b> Способен анализировать состояние производственного процесса и использовать опыт передовых отечественных и зарубежных предприятий в области прогрессивной технологии производства аналогичной продукции</p>	<p><b>ИПК-2.1.</b> Анализирует состояние производственного процесса отечественных предприятий в области прогрессивной технологии производства.</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основы моделирования процессов и объектов в металлургии;</li> <li>-теорию моделирования, её основные положения и терминологический аппарат;</li> <li>- классификацию моделей и области их применения;</li> <li>- порядок разработки и особенности физических и математических моделей процессов и объектов действующего производства;</li> <li>- основные особенности постановки, способы и приемы решения задач на математических моделях различных классов, типов, видов и групп;</li> <li>- алгоритмы и приёмы математической обработки результатов эксперимента.</li> </ul>	<p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применять методы анализа для подготовки производства, используя теорию и практику моделирования процессов и объектов;</li> <li>- выполнять исследования технологических процессов, оборудования и изделий металлургического и машиностроительного производств, в том числе с применением методов математического моделирования;</li> <li>- выявлять существенные параметры и характеристики моделируемых объектов производства, строить и разрабатывать их математические модели;</li> <li>- применять математические методы анализа и расчёта технологических процессов;</li> <li>- ставить и решать задачи оптимизации и прогнозирования технических объектов в действующем производстве</li> </ul>	<p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками моделирования в области технологической подготовки производства;</li> <li>- навыками построения моделей на основе системного подхода к анализу производственных объектов;</li> <li>- навыками решения краевых, в том числе и сопряжённых, задач аналитическим, численным, инженерным методами.</li> </ul>	<p><b>ТФ А/05.4</b> Выявление проблем при выполнении технологической подготовки производства</p>	<p>Банк вопросов</p>	<p>Вопросы и задачи к экзамену</p>
--	--	---	---	--	--	----------------------	------------------------------------

	ИПК–2.2. Использует опыт передовых зарубежных предприятий в области технологии производства аналогичной продукции.	Знать: - сущность инженерных задач металлургического и машиностроительного производств, а также способы их решения в условиях неопределенности с учетом действующего производственного фактора.	Уметь: - применять на практике математические методы обработки результатов экспериментов; - моделировать простейшие задачи оптимизации параметров технологических процессов и решать их с помощью математических и общинженерных пакетов прикладных программ.	Владеть: - навыками первичной и вторичной математической обработки результатов экспериментов; - навыками исследования, проектирования, прогнозирования состояния и оптимизации объектов металлургии и машиностроения на их моделях.	ТФ А/05.4 Выявление проблем при выполнении технологической подготовки производства	Банк вопросов	Вопросы и задачи к экзамену
--	---	--	---	---	---	---------------	-----------------------------

**Трудовая функция:** ТФ А/05.4 Выявление проблем при выполнении технологической подготовки производства

**Квалификационные требования к ТФ:**

*Трудовые действия:*

- мониторинг технологической подготовки производства;
- разработка мероприятий по совершенствованию процесса технологической подготовки производства.

*Трудовые умения:*

- анализировать результаты выполнения графика технологической подготовки производства;
- формировать предложения по результатам анализа процесса подготовки производства;
- разрабатывать предложения для эскалации проблем, возникающих при проведении технологической подготовки производства;
- применять методы анализа эффективности технологической подготовки производства, включая графический, статистический, математический, сравнительный анализ, анализ моделирования;
- подготавливать презентационные материалы.

*Трудовые знания:*

- технологическая документация;
- основы технологии машиностроения;

- основы логистики;
- технология изготовления изделия;
- технологическое оборудование и оснастка, применяемые в организации;
- специализированный программный продукт.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач.ед., 144 часа, распределение часов по видам работ представлено в таблице 3.

Таблица 3

Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Вид учебной работы	Трудоёмкость в час	
	Всего час.	В т.ч. по семестрам
		5 семестр
Формат изучения дисциплины	с использованием элементов электронного обучения	
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	<b>144</b>	<b>144</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>57</b>	<b>57</b>
<b>1.1. Аудиторная работа, в том числе:</b>	51	51
занятия лекционного типа (Л)	17	17
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. занятия и др.)	17	17
лабораторные работы (ЛР)	17	17
<b>1.2. Внеаудиторная, в том числе</b>	6	6
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)	-	-
текущий контроль, консультации по дисциплине	4	4
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	2	2
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>51</b>	<b>51</b>
реферат/эссе (подготовка)	-	-
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)	-	-
контрольная работа	-	-
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)	-	-
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.)	15	15
Подготовка к экзамену (контроль)	<b>36</b>	<b>36</b>
Подготовка к зачёту/ зачёту с оценкой (контроль)	-	-

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.



## 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

### 4.2 Содержание дисциплины

Таблица 4 - Содержание дисциплины, структурированное по темам

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
5 семестр								
ПК-2: ИПК-2.1, ИПК-2.2	Раздел 1 Системный подход и инженерные задачи							
	Тема 1.1 Сущность системного подхода к изучению объектов	0,5			2	Подготовка к лекциям [1]		
	Тема 1.2 Объекты металлургического производства, их структурно-функциональная характеристика	0,5			2	Подготовка к лекциям [1]	Мини-лекция	
	Работа по освоению 1 раздела:							
	реферат, эссе (тема)							
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 1 разделу	1			4			
	Раздел 2 Основные положения теории моделирования							
	Тема 2.1 Моделирование как процесс: цель, последовательность, обобщенная схема.	1			1	Подготовка к лекциям [1]	Проблемная лекция	
	Тема 2.2 Схемотехнический принцип соразмерности модели и оригинала. Сущность стратификации объекта.	1			1	Подготовка к лекциям [1]		
	Работа по освоению 2 раздела:							
	реферат, эссе (тема)							
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
	Итого по 2 разделу	2			2			
	Раздел 3 Физическое моделирование объектов							
	Тема 3.1 Сущность физического моделирования	1			1	Подготовка к лекциям [1]	Моделирование производственных процессов и ситуаций	
	Тема 3.2 Физико-математические критерии подобия	1			2	Подготовка к лекциям [1]		
	Работа по освоению 3 раздела:							
	реферат, эссе (тема)							
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 3 разделу	2			3			
	Раздел 4 Математическое моделирование объектов							
	Тема 4.1 Сущность математического моделирования.	1			3	Подготовка к лекциям [1]	Моделирование производственных процессов и ситуаций	
	Тема 4.2. Критерии оценки качества функционирования. Специальная классификация функциональных моделей. Сущность вычислительного эксперимента.	1			4	Подготовка к лекциям [1]		
	Работа по освоению 4 раздела:							
	реферат, эссе (тема)							
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 4 разделу	2			7			

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
	Раздел 5 Математическая обработка результатов экспериментов							
	Тема 5.1 Виды измерений: прямые и косвенные. Статистические распределения. Статистическая выборка и ее характеристики.	1			1	Подготовка к лекциям [1]	Лекция-консультация	
	Лабораторная работа Первичная математическая обработка данных		4		2	Подготовка к лабораторной работе [3; 5]		4
	Тема 5.2 Вторичная математическая обработка: назначение, основные типы задач и методы их решения	1			2	Подготовка к лекциям [1]		
	Лабораторная работа Приемы вторичной математической обработки данных		4		2	Подготовка к лабораторной работе [3; 5]		4
	Работа по освоению 5 раздела:							
	реферат, эссе (тема)							
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 5 разделу	2	8		7			
	Раздел 6 Теоретические функциональные модели на основе алгебраических и трансцендентных уравнений							
	Тема 6.1 Исследование моделей на основе алгебраических уравнений и систем	1			1	Подготовка к лекциям [1]		
	Лабораторная работа Исследование математических моделей на основе уравнений и систем		4		2	Подготовка к лабораторной работе [3; 5]		4

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
	Тема 6.2 Исследование моделей на основе трансцендетных уравнений	1			2	Подготовка к лекциям [1]		
	Лабораторная работа Дифференцирование и интегрирование в исследованиях математических моделей		5		2	Подготовка к лабораторной работе [3; 5]		5
	Работа по освоению 6 раздела:							
	реферат, эссе (тема)							
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 6 разделу	2	9		7			
	Раздел 7 Теоретические функциональные модели на основе дифференциальных уравнений							
	Тема 7.1 Способы построения моделей на основе уравнений математической физики	1			2	Подготовка к лекциям [1]		
	Практическое занятие Способы построения моделей на основе уравнений математической физики. Условия однозначности. Задача Коши. Красевая задача.			6	2	Подготовка к практическому занятию [12]		6
	Тема 7.2 Построение относительного дифференциального оператора и его приведение к критериальной форме. Постановка и алгоритм решения сопряженных задач при моделировании сложных металлургических процессов.	1			3	Подготовка к лекциям [1]		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
	Работа по освоению 7 раздела:							
	реферат, эссе (тема)							
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 7 разделу	2		6	7			
	Раздел 8 Решение задач оптимизации и проектирования объектов							
	Тема 8.1 Классификация видов оптимизации. Задачи и критерии оптимизации	1			1	Подготовка к лекциям [1]	Моделирование производственных процессов и ситуаций	
	Практическое занятие Задачи оптимизации и алгоритм их решения. Методы оптимизации. Критерии оптимизации: целевая функция и функционал.			4	2	Подготовка к практическому занятию [12]		4
	Тема 8.2 Методы решения задач оптимизации и проектирования объектов	1			1	Подготовка к лекциям [1]	Круглый стол	
	Практическое занятие Классическая транспортная задача распределения ресурсов. Задача расчета шихты для выплавки сплава. Метод линейного программирования.			4	3	Подготовка к практическому занятию [12]		4
	Работа по освоению 8 раздела:							
	реферат, эссе (тема)							
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 8 разделу	2		8	7			

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
	<b>Тема 9.1</b> Понятие неполного и «плохого» математического описания объекта. Принципы моделирования на основе теории систем.	1			2	Подготовка к лекциям [1]	Моделирование производственных процессов и ситуаций	
	<b>Тема 9.2</b> Моделирование на основе теории подобия и размерностей. Применение вероятностных методов для прогнозирования состояния технических объектов.	1			2	Подготовка к лекциям [1]		
	<b>Практическое занятие</b> Применение вероятностных методов для прогнозирования состояния технических объектов. Критерии выбора закона распределения случайной величины. Статистические методы контроля качества металлопродукции.			3	3	Подготовка к практическому занятию [12]		3
	<b>Работа по освоению 9 раздела:</b>							
	<b>реферат, эссе (тема)</b>							
	<b>расчётно-графическая работа (РГР)</b>							
	<b>контрольная работа</b>							
	<b>Итого по 9 разделу</b>				7			
	<b>ИТОГО ЗА СЕМЕСТР</b>	17	17	17	51			
	<b>ИТОГО по дисциплине</b> (в том числе не менее 20% с использованием интерактивных образовательных технологий)	17	17	17	51			

## **5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.**

### **5.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности**

- 1) Типовые вопросы для подготовки к контрольным мероприятиям (текущий контроль)
  1. Провести математическое моделирование процессов, оборудования и производственных объектов с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования и проведения исследований (по указанию преподавателя)
  2. Провести математическую обработку результатов эксперимента (по указанию преподавателя)
  3. Провести расчет и проектирование деталей и узлов машиностроительных конструкций (по указанию преподавателя)
  3. Провести контроль качества выпускаемой продукции с использованием типовых статистических методов
  4. Составить график планово-профилактических ремонтов оборудования на производственном участке
- 2) Типовые вопросы, выносимые на промежуточную аттестацию (экзамен)
  1. Инженерные задачи: классификация, особенности примеры постановки.
  2. Моделирование: понятие, виды, объекты, примеры применения при решении инженерных задач.
  3. Модель и оригинал: понятие, соотношение, обобщенная схема моделирования, виды соответствия, обобщенный алгоритм моделирования.
  4. Физическое моделирование: сущность, виды. Подобие как основа физического моделирования, примеры практического применения.
  5. Аналитико-имитационные математические модели: понятие, способы построения, применения для решения инженерных задач, границы применения. Моделирование на основе теории систем.
  6. Построение моделей на основе теории подобия. Константы, критерии и уравнения подобия.
  7. Построение моделей на основе теории размерностей. Размерность, определительное уравнение и  $\pi$  - теорема.
  8. Математическая обработка экспериментальных данных, ее виды их назначение. Статистический анализ: дисперсионный, корреляционный, регрессионный.
  9. Первичная математическая обработка экспериментальных данных: назначение, порядок проведения для прямых и косвенных измерений.
  10. Статистические распределения случайных величин: основные виды, характеристики. Статистические характеристики выборки экспериментальных данных. Полигон и гистограмма распределения данных.

## 5.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине применяется традиционная система контроля и оценки успеваемости студентов. Критерии выставления оценок по традиционной четырехбалльной системе представлены в таблице 6.

**Таблица 6 - Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания**

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля
<b>ПК-2.</b> Способен анализировать состояние производственного процесса и использовать опыт передовых отечественных и	ИПК-2.1. Анализирует состояние производственного процесса отечественных предприятий в области прогрессивной технологии производства.	Задача решена менее чем на 50% Студент не способен эффективно применить знания основных положений учебной дисциплины только в решении наиболее часто встречающиеся проблем в	Задача решена более чем на 50%. Продemonстрированы знания основных положений учебной дисциплины только в решении наиболее часто встречающиеся проблем в	Задача решена более чем на 75%. Студент способен обработать, анализировать и синтезировать предложенную информацию, выбрать	Задача решена более чем на 90%. Студент свободно и уверенно оперирует предоставленной информацией, отлично владеет навыками ее анализа и синтеза, знает

зарубежных предприятий в области прогрессивной технологии производства аналогичной продукции	ИПК-2.2. Использует опыт передовых зарубежных предприятий в области технологии производства аналогичной продукции.	конкретной области. Студент способен к решению некоторых практических задач из числа предусмотренных рабочей программой, но слабо знаком с рекомендованной справочной литературой.	конкретной области, умения решать конкретные практические задачи из числа предусмотренных рабочей программой, студент знаком с рекомендованной справочной литературой.	метод решения проблемы и решить ее. Допускает единичные ошибки в решении проблем, испытывает сложности в редко встречающихся или сложных случаях решения проблем. Способен самостоятельно решать конкретные практические задачи, предусмотренные рабочей программой, ориентироваться в рекомендованной справочной литературе, умеет правильно оценить полученные результаты расчетов или эксперимента.	все основные методы решения проблем, предусмотренные учебной программой, знает типичные ошибки и возможные сложности при решении и способен выбрать и эффективно применить адекватный метод решения конкретной проблемы. Уверенно решает конкретные практические задачи повышенной сложности, свободно использует справочную литературу, делает обоснованные выводы из результатов расчетов или экспериментов.
--	--	--	--	--	--

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку <b>«отлично»</b> заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку <b>«хорошо»</b> заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку <b>«удовлетворительно»</b> заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку <b>«неудовлетворительно»</b> заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Учебная литература, печатные издания библиотечного фонда

Учебно-методическое обеспечение дисциплины реализуется в рамках функционирующей в вузе электронной информационно-образовательной среды. В дополнение к этому в образовательном процессе используется библиотечный фонд печатных изданий.

№пп	Наименование издания	Количество в библиотеке
1	Леушин, И.О. Моделирование процессов и объектов в металлургии: учебник (Гриф) - Н.Новгород: НГТУ, 2010. – 181с.	151
2	Леушин, И.О. Моделирование процессов и объектов в металлургии: учебник / И.О. Леушин. - М.: Форум; ИНФРА-М, 2013. - 208 с.	5
3	Леушин И.О. Математическое моделирование процессов и объектов [Электронные текстовые данные]: Практикум: учеб. пособие / И.О. Леушин, М.А. Гейко; НГТУ им.Р.Е. Алексеева; Под общ. ред. И.О. Леушина. - Н.Новгород: [Изд-во НГТУ], 2020. - 94 с.	эл.

### 6.2. Справочно-библиографическая литература

№пп	Наименование издания	Количество в библиотеке
4	Цымбал, В.П. Математическое моделирование сложных систем в металлургии: учебник (Гриф) - М: Металлургия, 2006. – 240с.	15

5	Леушин, И.О. Лабораторный практикум по методам математического моделирования: учебное пособие (Гриф) - Н.Новгород, 2007. – 122с.	100
6	Васильков, Ю.В. Компьютерные технологии вычислений в математическом моделировании: учебное пособие - М.: Финансы и статистика, 2002. – 256с.	5
7	Смирнов, А.П. Методы оптимизации: учебное пособие - М.: Учеба, 2003. – 131с	15
8	Якубовский, Ю.Е. Моделирование тонкостенных сталебетонных составных конструкций: монография / Ю.Е. Якубовский, Д.С. Герасимов. – Тюмень: ТюмГНГУ. – 130 с.	эл.
9	Цаплин, А.И. Моделирование теплофизических процессов и объектов в металлургии: учебное пособие / А.И. Цаплин, И.Л. Никулин. – Пермь: ПНИПУ. – 299 с.	эл
10	Быкова, П.О. Моделирование объектов и процессов в металлургии: учебное пособие / П.О. Быкова. – Пермь: ПНИПУ. – 132 с.	эл.

### 6.3 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

№пп	Наименование издания	Количество в библиотеке
11	Подготовка и защита выпускной квалификационной работы бакалавра: учебно-методическое пособие для студентов-бакалавров направления подготовки 22.03.02 – «Металлургия» всех форм обучения / НГТУ им. Р.Е.Алексеева; сост.: И.О. Леушин, Т.Д. Курилина, А.Н. Грачев, А.В. Нищенков. – Нижний Новгород, 2021. - 38 с.	10
12	Моделирование процессов и объектов. Подготовка к решению задач: учеб.- метод. пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 22.03.02 «Металлургия», 15.03.01 «Машиностроение» / НГТУ им. Р.Е. Алексеева; сост: И.О. Леушин, М.А. Гейко, О.И. Чеберяк. – Нижний Новгород, 2018. – 48с.	10

Журналы: «Литейное производство», «Литейщик России», «Инженерное образование», «Заготовительные производства в машиностроении», «Известия вузов. Черная металлургия», «Известия вузов. Цветная металлургия», «Черные металлы».

## 7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и подлежит обновлению при необходимости).

### 7.1. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Перечень программных продуктов, используемых при проведении различных видов занятий по дисциплине (открытый доступ):

1. Научная электронная библиотека E-LIBRARY.ru. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
2. Электронная библиотечная система Поволжского государственного университета сервиса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elib.tolgas.ru/> - Загл. с экрана.
3. Электронно-библиотечная система Znanium.com [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://znanium.com/>. – Загл. с экрана.
4. Открытое образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://openedu.ru/>. - Загл. с экрана.
5. Базы данных Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ РАН) по естественным, точным и техническим наукам [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.viniti.ru>. – Загл. с экрана.
6. Университетская информационная система Россия [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://uisrussia.msu.ru/>. – Загл. с экрана.
7. Федеральный портал. Российское образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.edu.ru/> – Загл. с экрана.
8. Российский образовательный портал [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.school.edu.ru/default.asp> – Загл. с экрана.
9. «Инжиниринг» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.enginrussia.ru> – Загл. с экрана.
10. Университетские сети знаний [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.unicor.ru> – Загл. с экрана.
11. Федеральный образовательный портал. Инженерное образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.techno.edu.ru> – Загл. с экрана.
12. Портал для студентов для поиска информации по изучаемым дисциплинам [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.twirpx.com> – Загл. с экрана.
13. Образовательный математический сайт [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [www.exponenta.ru](http://www.exponenta.ru) – Загл. с экрана.
14. Портал «Металлург» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [www.bestmetallurg.narod.ru](http://www.bestmetallurg.narod.ru) – Загл. с экрана.
15. О системах моделирования литейных процессов [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [www.lvmflow.ru](http://www.lvmflow.ru) – Загл. с экрана.
16. Портал «Моделирование литейных процессов» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [www.castsoft.ru](http://www.castsoft.ru) – Загл. с экрана.
17. Портал Российской Ассоциации Литейщиков [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [www.ruscastings.ru](http://www.ruscastings.ru) – Загл. с экрана.

## 7.2. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

**Таблица 7** - Перечень электронных библиотечных систем

№	Наименование ЭБС	Ссылка, по которой осуществляется доступ к ЭБС
1	2	3
1	Консультант студента	<a href="http://www.studentlibrary.ru/">http://www.studentlibrary.ru/</a>
2	Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
3	Юрайт	<a href="https://biblio-online.ru/">https://biblio-online.ru/</a>

В таблице 8 указан перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства.

**Таблица 8** - Перечень программного обеспечения

Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе	Программное обеспечение свободного распространения
1	2
Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level; номер лицензии 44804588; дата выдачи 15.11.2008; авторизационный номер лицензиата 64795440ZZE1011	Adobe Acrobat Reader (FreeWare)
Операционная система Windows XP(×32); лицензия MSDN Academic Alliance, ID: 700493612, Shipping information Vladimir Reshetov	AutoCAD; free software для студентов и преподавателей: <a href="http://www.autodesk.com/education/free-software/autocad">http://www.autodesk.com/education/free-software/autocad</a> (специальное программное обеспечение)
Антивирус Dr.Web (с/н H365-W77K-B5HP-N346 от 31.05.2021)	
MathCad 15 M010(PKG-7543-FN, MNT- PKG -7543-FN-T2 договор № 28-13/13-057 от 26.02.13 бессрочное) (специальное программное обеспечение)	
Invetnor Professional 2021; s/n 570-65042789 однопользовательская лицензия для образовательных учреждений на несколько рабочих мест: <a href="http://www.autodesk.com/education/free-software/inventor-professional">http://www.autodesk.com/education/free-software/inventor-professional</a>	
LVMFlow 4.5r5, лицензия №8200.G54 (специальное программное обеспечение)	
Adem; договор №121-260 от 21.09.2012; ключ защиты 3689 от 26.04.2012 (специальное программное обеспечение)	

В таблице 9 указан перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ (удаленный доступ). Данный перечень подлежит обновлению в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

Таблица 9 - Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№	Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы	Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)
1	2	3
1	База данных стандартов и регламентов РОССТАНДАРТ	<a href="https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts">https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts</a>
2	Базы данных Национального совета по оценочной деятельности	<a href="http://www.ncva.ru">http://www.ncva.ru</a>
3	Справочная правовая система «КонсультантПлюс»	доступ из локальной сети
4	Информационно-справочная система «Техэксперт»	доступ из локальной сети

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 10 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. При заполнении таблицы может быть использована информация, размещенная в подразделе «Доступная среда» специализированного раздела сайта НГТУ «Сведения об образовательной организации» <https://www.nntu.ru/sveden/accenv/>

Таблица 10 - Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

№	Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
1	2	3
1	ЭБС «Консультант студента»	озвучка книг и увеличение шрифта
2	ЭБС «Лань»	специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации
3	ЭБС «Юрайт»	версия для слабовидящих

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Учебные аудитории для проведения занятий по дисциплине оснащены оборудованием и техническими средствами обучения, состав которых определен в данном разделе (таблица 11).

Таблица 11 - Оснащенность аудиторий и помещений для самостоятельной работы студентов по дисциплине

№	Наименование аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	1	2	3
1	<b>3306а</b> Мультимедийная аудитория (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации) (кафедра «Металлургические технологии и оборудование»), 603155, Нижегородская область, г. Нижний Новгород, ул. Минина, дом 28а, корп. 3	1. Доска маркерная; 2. Доска интерактивная; 3. Мультимедийный проектор (Canon); 4. Компьютеры PC Intel Core I3/16 Gb RAM/NVIDIA GeForce GTX 1050Ti/RX550/HDD 500/1000 Gb (8 штук) 5. МФУ HP113 6. Рабочее место преподавателя 7. Рабочее место студента - 24 чел.	Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level; номер лицензии 44804588; дата выдачи 15.11.2008; авторизационный номер лицензиата 64795440ZZE1011. - LVMFlow 4.5r5, лицензия №8200.G54 - Adem; договор №121-260 от 21.09.2012; ключ защиты 3689 от 26.04.2012. Предоставляемое ОУ на безвозмездной основе в учебных целях: - Inventor Professional 2021; s/n 570-65042789 однопользовательская лицензия для образовательных учреждений на несколько рабочих мест: <a href="http://www.autodesk.com/education/free-software/inventor-professional">http://www.autodesk.com/education/free-software/inventor-professional</a> ; - PDM STEP Suite 5.405 free license: <a href="http://pss.cals.ru">http://pss.cals.ru</a> ; - STOR M3 demo
	<b>3211</b> Мультимедийная аудитория (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации) (кафедра «Металлургические технологии и оборудование»), 603155, Нижегородская область, г. Нижний Новгород, ул. Минина, дом 28а, корп. 3	1. Доска меловая; 2. Экран настенный; 3. Мультимедийный проектор (BenQ); 4. Компьютер PC Intel Pentium-G630/2 Gb RAM/HDD 500 5. Рабочее место преподавателя 6. Рабочее место студента - 12 чел. 7. Библиотека кафедры. 8. Учебный стенд «Специальные виды литья» 9. Учебный стенд «Огнеупорные материалы»	Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level; номер лицензии 44804588; дата выдачи 15.11.2008; авторизационный номер лицензиата 64795440ZZE1011. - Операционная система Windows XP(×32); лицензия MSDN Academic Alliance, ID: 700493612, Shipping information Vladimir Reshetov. - Антивирус Dr.Web (с/н H365-W77K-B5HP-N346 от 31.05.2021); - SIKE.Конструкция ДСП retail; - SIKE.Конструкция АПК retail.

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии**

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа может быть аудиторной, внеаудиторной, а также проводиться в электронной информационно-образовательной среде университета (далее - ЭИОС). В случае проведения части контактной работы по дисциплине в ЭИОС (в соответствии с расписанием учебных занятий), трудоемкость контактной работа в ЭИОС эквивалентна аудиторной работе.

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- интерактивные технологии;
- разноуровневые задачи и задания;
- собеседование.

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенции по дисциплине преподаватель может применять балльно-рейтинговую систему контроля и оценку успеваемости студентов.

По итогам текущей успеваемости студенту может быть выставлена оценка по промежуточной аттестации в соответствии с набранными за семестр баллами. Студентам, набравшим в ходе текущего контроля успеваемости по дисциплине от 61 до 100 баллов и выполнившим все обязательные виды запланированных учебных занятий, по решению преподавателя без прохождения промежуточной аттестации выставляется оценка в соответствии со шкалой оценки результатов освоения дисциплины.

**Результат обучения считается сформированным на повышенном уровне**, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент исчерпывающе, последовательно, четко и логически излагает учебный материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, использует в ответе дополнительный материал. Все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты, проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

**Результат обучения считается сформированным на пороговом уровне**, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент последовательно, четко и логически стройно излагает учебный материал; справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

**Результат обучения считается несформированным**, если студент при выполнении заданий не демонстрирует знаний учебного материала, допускает ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания, не демонстрирует необходимых умений, качество выполненных заданий не соответствует установленным требованиям, качество их выполнения оценено числом баллов ниже трех по оценочной системе, что соответствует допороговому уровню.

## **10.2. Методические указания для занятий лекционного типа**

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (Таблица 4). Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям / лабораторным работам и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

В ходе лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала.

## **10.3. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах**

Подготовку к каждой лабораторной работе студент должен начать с ознакомления с планом занятия, который отражает содержание предложенной темы. Каждая выполненная работа с оформленным отчетом и подлежит защите у преподавателя.

При оценивании лабораторных работ учитывается следующее:

- качество выполнения экспериментально-практической части работы и степень соответствия результатов работы заданным требованиям;
- качество оформления отчета по работе;
- качество устных ответов на контрольные вопросы при защите работы.

1. Методические указания к лабораторным работам представлены в учебном пособии: Леушин, И.О. Лабораторный практикум по методам математического моделирования: учебное пособие (Гриф) - Н.Новгород, 2007. – 122с.

2. Леушин И.О. Математическое моделирование процессов и объектов [Электронные текстовые данные]: Практикум: учеб. пособие / И.О. Леушин, М.А. Гейко; НГТУ им.Р.Е. Алексеева; Под общ. ред. И.О. Леушина. - Н.Новгород: [Изд-во НГТУ], 2020. - 94 с.

## **10.4. Методические указания по освоению дисциплины на практических занятиях**

Практические занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Основной формой проведения семинаров и практических занятий является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также решение задач и разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях.

Практические занятия обучающихся обеспечивают:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;
- получение умений и навыков составления докладов и сообщений, обсуждения вопросов по учебному материалу дисциплины;
- подведение итогов занятий согласно технологической карте дисциплины.

Методические указания к практическим занятиям представлены в учебно-методическом пособии:

Моделирование процессов и объектов. Подготовка к решению задач: учеб.- метод. пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 22.03.02 «Металлургия», 15.03.01 «Машиностроение» / НГТУ им. Р.Е. Алексеева; сост: И.О. Леушин, М.А. Гейко, О.И. Чеберяк. – Нижний Новгород, 2018. – 48с.

## **10.5. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся**

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой

дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 6.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы (указано в таблице 11). В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

Для обучающихся по заочной форме обучения самостоятельная работа является основным видом учебной деятельности.

## 11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости**

### 11.1.1. Типовые задания к практическим занятиям

1. Первичная математическая обработка данных прямых измерений  $x$  экспериментальной выборки размером  $n=10$  при надежности  $P=0,9$  дала результат по исправленному среднему квадратичному отклонению  $S=0,2$  при оценке среднего значения выборки  $\bar{x} = 10,000$ . Можно ли считать данный результат удовлетворительным, если требуемая точность прямых измерений  $x$  составляет 5 %?

2. Прямые измерения некоторой характеристики технического объекта дали результат  $a=72,353 \pm 0,026$ . Требуется провести округление результата, оставив в нем только верные цифры, и определить абсолютную погрешность приближения.

3. Проводится математическая обработка результатов косвенных измерений параметра

$$X = \frac{m^2 n^3}{\sqrt{k}}, \quad \text{где } m = 28,3 \pm 0,02 ; \quad n = 7,45 \pm 0,01 ; \quad k = 0,678 \pm 0,03 \quad (m, n, k -$$

приближенные числа). Найти предельные абсолютную и относительную погрешности результатов.

4. Известна таблица значений функции одной переменной в 9 точках. Записать математическую постановку задачи аппроксимации заданной зависимости из условия совпадения значений исходной и аппроксимирующей функций в 1-й, 4-й и 8-й точках.

5. Известна таблица значений функции одной переменной в 6 точках. Записать математическую постановку задачи для линейной и квадратичной аппроксимации заданной зависимости методом наименьших квадратов (МНК), т.е. построить формально-статистическую модель в виде уравнения регрессии.

6. Решить краевую задачу для процесса теплопереноса через протяженную стенку толщиной  $\delta$ , если на одной из поверхностей стенки поддерживается температура  $T_1$ , а на другой  $T_2$  ( $T_1 > T_2$ ). Коэффициент теплопроводности для материала стенки принять равным  $\lambda = \text{const}$ .

7. Провести оценку температурного поля (распределения температуры по сечению) для канала, поперечное сечение которого представлено на схеме, если на внутренней

поверхности канала поддерживается температура  $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ , на наружной поверхности сечения температура равна  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

8. Составить функциональную модель (записать математическую постановку) для задачи теплопроводности неограниченной плоской стенки толщиной  $L$  при стационарном режиме в одномерном варианте. На поверхности  $y=0$  поддерживается постоянная температура  $T_1$ , а на поверхности  $y=L$ , контактирующей с газовой средой с температурой  $T_{\text{газ}} = \text{const}$ , действует закон теплоотдачи Ньютона. Коэффициент теплоотдачи через газовую среду  $\alpha$  принять постоянным. Коэффициент теплопроводности материала стенки  $\lambda = \text{const}$ .

9. Используя метод конечных разностей (МКР), решить одномерную краевую задачу нестационарной теплопроводности при заданных условиях однозначности:  $T(x;0) = 3x(1-x) + 0,12$  (начальные условия);

$$T(0;\tau) = 2(\tau + 0,06); \quad T(0,6;\tau) = 0,84 \text{ (граничные условия)}.$$

Область существования модели задана соответственно интервалами аргументов модели:  $x \in [0;0,6]$  и  $\tau \in [0;0,01]$ . Коэффициент температуропроводности принять  $a=1$ .

Соотношение между шагами считать известным  $\sigma = \frac{a\Delta\tau}{(\Delta x)^2} = \frac{1}{6}$ . Шаг аргумента модели по  $x$  принять  $\Delta x = 0,1$ .

10. Функциональная теоретическая модель процесса имеет вид  $y = f(x) = 5^x - 6x - 3$ . Требуется найти нули модели с погрешностью  $\varepsilon < 0,001$ , если область существования модели  $x \in [0;+\infty]$ .

11. Записать математическую постановку задачи расчета многокомпонентной шихты с оптимизацией по стоимости.

12. Функциональная математическая модель имеет вид  $z = x^3 + y^3 - 3xy$  и существует на всей числовой плоскости. Требуется провести оптимизацию.

### **11.1.2. Типовые задания для лабораторных работ**

1. Первичная математическая обработка данных
2. Приемы вторичной математической обработки данных
3. Исследование математических моделей на основе уравнений и систем
4. Дифференцирование и интегрирование в исследованиях математических моделей
5. Исследование математических моделей на основе дифференциальных уравнений
6. Решение задач оптимизации на математических моделях

### **11.1.3. Типовые вопросы (задания) для устного (письменного) опроса**

1. Моделирование: понятие, виды, объекты, примеры применения при решении инженерных задач.
2. Математическое описание технических объектов: понятие, виды, примеры.
3. Аналогирование как особый вид моделирования. Примеры применения для решения инженерных задач.
4. Морфологические математические модели: виды, примеры, применения для решения инженерных задач.
5. Функциональные математические модели: классификация, способы построения, примеры применения для решения инженерных задач.
6. Приемы математического моделирования сложных технических объектов. Особенности постановки и решения сопряженных задач. Примеры.

#### **11.1.4. Типовые кейс-задачи**

1. Обосновать выбор конкретного вида модели для решения инженерной задачи (по указанию преподавателя)
2. Предложить рациональный алгоритм математической обработки результатов экспериментальных исследований объекта или процесса (по указанию преподавателя)

#### **11.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по дисциплине**

Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине: экзамен в устно-письменной форме по экзаменационным билетам.

##### **Перечень вопросов для подготовки к экзамену**

1. Инженерные задачи: классификация, особенности примеры постановки.
2. Моделирование: понятие, виды, объекты, примеры применения при решении инженерных задач.
3. Модель и оригинал: понятие, соотношение, обобщенная схема моделирования, виды соответствия, обобщенный алгоритм моделирования.
4. Физическое моделирование: сущность, виды. Подобие как основа физического моделирования, примеры практического применения.
5. Изоморфизм, мономорфизм, аналогия. Аналогирование как особый вид моделирования. Примеры применения для решения инженерных задач.
6. Математическое описание технических объектов: понятие, виды, примеры.
7. Математическое моделирование: понятие, соотношение с математическим описанием, общая классификация математических моделей, основные задачи, решаемые на математических моделях.
8. Морфологические математические модели: виды, примеры, применения для решения инженерных задач.
9. Функциональные математические модели: классификация, способы построения, примеры применения для решения инженерных задач.
10. Критерии оценки качества функционирования объекта: понятие, виды, способы построения, роль в структуре математического описания объекта, примеры.
11. Теоретические функциональные модели: характеристика, способы построения, типовая структура, примеры постановки задач.
12. Основные уравнения математической физики: происхождение, сущность, область применения, примеры упрощения.
13. Условия однозначности: виды в математическом моделировании, постановке краевых задач и описания области существования модели.
14. Основные методы решения задач на теоретических моделях: сущность, общая характеристика, применимость.
15. Приемы математического моделирования сложных технических объектов. Особенности постановки и решения сопряженных задач. Примеры.
16. Порядок записи математической постановки краевой задачи. Характеристика аналитического метода ее решения.
17. Метод конечных разностей: дискретизация области существования модели, конечно-разностные схемы, их виды и основные свойства.

18. Метод конечных разностей как один из численных методов решения задач на теоретических моделях: его идея, алгоритм и особенности применения для распределенных и сосредоточенных моделей.
19. Релаксационный метод решения краевых задач: основа, идея, алгоритм, границы применения.
20. Методы упрощения постановки задачи в математическом моделировании. Относительный дифференциальный оператор и его приведение к критериальной форме.
21. Имитационные математические модели: понятие, способы построения, применение для решения инженерных задач, границы применения. Теорема Котельникова.
22. Аналитико-имитационные математические модели: понятие, способы построения, применения для решения инженерных задач, границы применения. Моделирование на основе теории систем.
23. Построение моделей на основе теории подобия. Константы, критерии и уравнения подобия.
24. Построение моделей на основе теории размерностей. Размерность, определительное уравнение и  $\pi$  - теорема.
25. Математическая обработка экспериментальных данных, ее виды и назначение. Статистический анализ: дисперсионный, корреляционный, регрессионный.
26. Первичная математическая обработка экспериментальных данных: назначение, порядок проведения для прямых и косвенных измерений.
27. Статистические распределения случайных величин: основные виды, характеристики. Статистические характеристики выборки экспериментальных данных. Полигон и гистограмма распределения данных.
28. Основные приемы первичной математической обработки экспериментальных данных: оценка истинных значений, надежности, погрешностей. Фильтрация данных и обнаружения промахов.
29. Вторичная математическая обработка экспериментальных данных: назначение, характеристика приемов. Задачи сглаживания зависимостей и устранения тренда.
30. Интерполяция как метод математического прогнозирования: сущность, преимущества и недостатки. Методы Лагранжа, Ньютона, сплайнов.
31. Экстраполяция как метод математического прогнозирования: сущность, преимущества и недостатки, порядок проведения.
32. Аппроксимация как прием вторичной математической обработки экспериментальных данных: цель, задачи, критерии и методы аппроксимации.
33. Метод наименьших квадратов: основная идея, применение для решения задачи аппроксимации, вывод системы нормальных уравнений для различных случаев.
34. Основные способы определения эмпирических зависимостей: графический, выравнивания, метод наименьших квадратов, метод неопределенных коэффициентов. Идея и условия применения.
35. Регрессионный и корреляционный анализ данных в среде пакета MathCAD.
36. Решение задач оптимизации на математических моделях: сущность, рекомендуемый алгоритм. Классификация методов оптимизации, ее виды.
37. Классическая транспортная задача оптимизации: сущность, математическая постановка, практическая значимость, способы решения.
38. Решение задач одномерной и многомерной безусловной оптимизации.
39. Решение задач многомерной условной оптимизации. Метод неопределенных множителей Лагранжа. Поиск наибольшего и наименьшего значений критерия оптимизации в области существования модели.
40. Прогнозирование стойкости и надежности технических объектов вероятностными методами. Критерии выбора закона распределения случайной величины.

41. Основные приемы решения инженерных задач в условиях неопределенности. Типы неопределенностей. Принцип Парето. Техника решения задач методами математической теории игр.
42. Погрешности в приближенных вычислениях: основные виды и способы оценки.
43. Основные понятия теории чисел: цифра, число, значащая цифра, верная цифра, десятичное разложение приближенного числа. Связь относительной погрешности приближения с количеством верных цифр в приближенном числе.
44. Основная и обратная задачи теории погрешностей. Практические правила массовых приближенных вычислений. Определение предельных погрешностей приближенных вычислений.
45. Исследование математических моделей на основе алгебраических уравнений и систем. Поиск корней аналитическими, численным и графическим методами.
46. Исследование математических моделей на основе алгебраических уравнений и систем. Определение числа корней и границ области их существования без решения уравнения.
47. Дифференцирование и интегрирование в исследованиях математических моделей. Основные приемы табличного и графического дифференцирования и интегрирования.
48. Исследование математических моделей на основе обыкновенных дифференциальных уравнений: характеристика основных методов и приемов.
49. Основные методы решения систем линейных уравнений. Значение для решения задач линейного программирования.
50. Исследование математических моделей на основе дифференциальных уравнений в частных производных: характеристика основных приемов.

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института ИФХТиМ  
Мацулевич Ж.В.

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021 г.

**Лист актуализации рабочей программы дисциплины**  
**Б1.В.ОД.7 «Моделирование процессов и объектов»**

для подготовки бакалавров

Направление: 22.03.02 «Металлургия»

Направленность: профиль «Производство и сбыт металлопродукции»

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2021

Курс 3

Семестр 5

а) В рабочую программу не вносятся изменения. Программа актуализирована для 20\_\_ г. начала подготовки.

б) В рабочую программу вносятся следующие изменения (указать на какой год начала подготовки):

1) .....

2) .....

3) .....

Разработчик (и): \_\_\_\_\_  
(ФИО, ученая степень, ученое звание) «\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ протокол № \_\_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

Заведующий кафедрой Леушин И.О. \_\_\_\_\_

**Лист актуализации принят на хранение:**

Заведующий выпускающей кафедрой МТО Леушин И.О. «\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

Методический отдел УМУ: \_\_\_\_\_ «\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

## РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу дисциплины «Моделирование процессов и объектов»  
ОП ВО по направлению 22.03.02 «Металлургия»,  
профиль «Производство и сбыт металлопродукции»  
(квалификация выпускника – бакалавр)

Харчевым Русланом Михайловичем, главным металлургом АО ПКО «Теплообменник» (далее по тексту рецензент), проведена рецензия рабочей программы дисциплины «Моделирование процессов и объектов» ОП ВО по направлению 22.03.02 «Металлургия», профиль «Производство и сбыт металлопродукции» (бакалавриат) разработанной в ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева», на кафедре «Металлургические технологии и оборудование» (разработчик – Леушин И.О., заведующий кафедрой, д.т.н., профессор).

Рассмотрев представленные на рецензию материалы, рецензент пришел к следующим выводам:

Программа соответствует требованиям ФГОС ВО по направлению 22.03.02 «Металлургия». Программа содержит все основные разделы, соответствует требованиям к нормативно-методическим документам. Представленная в Программе актуальность учебной дисциплины в рамках реализации ОПОП ВО не подлежит сомнению – дисциплина относится к вариативной части учебного цикла – Б1.

Представленные в Программе цели дисциплины соответствуют требованиям ФГОСВО направления 22.03.02 «Металлургия».

В соответствии с Программой за дисциплиной «Моделирование процессов и объектов» закреплена **компетенция ПК-2**. Дисциплина и представленная Программа способны реализовать ее в объявленных требованиях.

**Результаты обучения**, представленные в Программе в категориях знать, уметь, владеть соответствуют специфике и содержанию дисциплины и демонстрируют возможность получения заявленных результатов.

Общая трудоёмкость дисциплины «Моделирование процессов и объектов» составляет 4 зачётные единицы (144 часа). Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин соответствует действительности. Дисциплина «Моделирование процессов и объектов» взаимосвязана с другими дисциплинами ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 22.03.02 «Металлургия» и возможность дублирования в содержании отсутствует.

Представленная Программа предполагает использование современных образовательных технологий, используемые при реализации различных видов учебной работы. Формы образовательных технологий соответствуют специфике дисциплины.

Программа дисциплины «Моделирование процессов и объектов» предполагает не менее 20% занятий в интерактивной форме.

Виды, содержание и трудоёмкость самостоятельной работы студентов, представленные в Программе, соответствуют требованиям к подготовке выпускников, содержащимся во ФГОС ВО направления 22.03.02 «Металлургия».

Представленные и описанные в Программе формы *текущей* оценки знаний (устный и письменный опрос, решение кейс-задач и др.), соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Форма промежуточного контроля знаний студентов, предусмотренная Программой, – экзамен, что соответствует статусу дисциплины, как дисциплины вариативной части учебного цикла – Б1 ФГОС ВО направления 22.03.02 «Металлургия».

Нормы оценки знаний, представленные в Программе, соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Учебно-методическое обеспечение дисциплины представлено: основной литературой – 3 источника (базовые учебники), дополнительной литературой – 9 наименований,

периодическими изданиями – 7, источников со ссылкой на электронные ресурсы, Интернет-ресурсы – 17 и соответствует требованиям ФГОСВО направления 22.03.02 «Металлургия».

Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует специфике дисциплины «Моделирование процессов и объектов» и обеспечивает использование современных образовательных, в том числе интерактивных методов обучения.

Методические рекомендации студентам и методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине дают представление о специфике обучения по дисциплине «Моделирование процессов и объектов».


### ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основании проведенной рецензии можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины «Моделирование процессов и объектов» ОПОП ВО по направлению 22.03.02 «Металлургия», профиль «Производство и сбыт металлопродукции» (квалификация выпускника – бакалавр), разработанная Леушиным Игорем Олеговичем, заведующим кафедрой, д.т.н., профессором, соответствует требованиям ФГОС ВО, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленной компетенции.

Рецензент:

Харчев Р.М., главный металлург АО ПКО «Теплообменник»

«20» мая 2021 г.

  
(подпись)

Подпись рецензента Харчева Руслана Михайловича заверяю

