

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)**

(Полное и сокращенное название института, реализующего данное направление)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института:

подпись
“ 20 ” января 2025 г.

Мацулевич Ж.В.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.1.2 «Физическое и математическое моделирование в металлургии»
(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)

для подготовки магистров

Направление подготовки: 22.03.02 «Металлургия»

(код и направление подготовки, специальности)

Направленность: программа «Металлургические процессы и ресурсосбережение»
(наименование профиля, программы магистратуры, специализации)

Форма обучения: заочная
(очная, очно-заочная, заочная)

Год начала подготовки 2025

Выпускающая кафедра «Металлургические технологии и оборудование» (МТО)

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

Объем дисциплины 108 часа / 3 з.е.

Промежуточная аттестация зачет с оценкой

Разработчик: Гейко М.А., к.т.н., доцент, доцент

НИЖНИЙ НОВГОРОД, 2025

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++)
по направлению подготовки 22.04.02 «Металлургия»,
утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 24.04.2018 г. № 308
на основании учебного плана, принятого УМС НГТУ
протокол от 17.12.2024 г. № 6

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры протокол от 09.01.2025 г. № 6

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

Программа рекомендована к утверждению Учебно-методическим советом института ИФХТИМ,
протокол от 20.01.2025 г. № 5

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ регистрационный № 22.04.02-м-21

Начальник МО _____ Севрюкова Е.Г.
(подпись)

Заведующая отделом комплектования НТБ _____ Кабанина Н.И.
(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	5
4. Структура и содержание дисциплины.....	9
5. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины	12
6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.....	14
7. Информационное обеспечение дисциплины.....	14
8. Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ.....	17
9. Материально-техническое обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	18
10. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины.....	19
11.Оценочные средства для контроля освоения дисциплины.....	21
Рецензия.....	23

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Целью (целями) освоения дисциплины является формирование у студентов необходимых компетенций, позволяющих осуществлять физическое и математическое моделирование работы металлургических агрегатов в лабораторных условиях и получать оптимальные режимы их работы.

1.2. Задачи освоения дисциплины

Дисциплина «Физическое и математическое моделирование в металлургии» готовит к решению задач профессиональной деятельности технологического и организационно-управленческого типов:

- 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;
 - организация рабочих мест, их техническое оснащение, размещение технологического оборудования;
 - контроль за соблюдением технологической дисциплины;
 - организация обслуживания технологического оборудования;
 - проведение работы по управлению качеством продукции;
- проведение анализа эффективности и результативности деятельности производственных подразделений.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина «Физическое и математическое моделирование в металлургии» включена в перечень дисциплин Базовой части. Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: Б1.Б.2 «Методологические основы научного познания», Б1.В.6 «Прикладная термодинамика и кинетика», а также на дисциплинах бакалавриата.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при изучении следующих дисциплин: Б1.В.ОД.1 «Инновационные литейно-металлургические технологии», Б1.В.ОД.6 «Теория и практика поиска новых технических решений», Б1.В.ОД.2 «Проектирование и производство оснастки».

Рабочая программа дисциплины «Физическое и математическое моделирование в металлургии» 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: 22.04.02 «Металлургия»: ПК-2, ПК – 5, ПК - 8 (табл. 1).

Таблица 1 - Формирование компетенций дисциплиной

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Курсы формирования компетенций дисциплиной		
	1	2	3
<i>Код компетенции ПК-2</i>			
Б1.В.ОД.6 Теория и практика поиска новых технических решений		+	
Б1.В.ДВ.1.1 Экологическая экспертиза литейно-металлургических производств	+		
Б1.В.ДВ.1.2 Физическое и математическое моделирование в металлургии	+		
ФТД.3 Специальные способы литья		+	
Б2.П.2 Научно-исследовательская работа	+	+	
Б2.П.3 Научно-исследовательская работа			+
Б3.Д.1 Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы			+
<i>Код компетенции ПК-5</i>			
Б1.В.ОД.3 Металлургические методы переработки промышленных и бытовых отходов	+		
Б1.В.ДВ.1.1 Экологическая экспертиза литейно-металлургических производств	+		
Б1.В.ДВ.1.2 Физическое и математическое моделирование в металлургии	+		
Б1.В.ДВ.4.1 Технический надзор в производстве литья		+	
Б1.В.ДВ.4.2 Рециклинг и утилизация отходов литья		+	
ФТД.1 Базовые технологии производства металлических заготовок	+		
ФТД.2 Технологическая подготовка производства отливок		+	
ФТД.3 Специальные способы литья		+	
Б2.П.4 Преддипломная практика			+
Б3.Д.1 Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы			+
<i>Код компетенции ПК-8</i>			
Б1.В.ОД.2 Проектирование и производство оснастки		+	
Б1.В.ОД.8 Моделирование и оптимизация процессов металлургии	+		
Б1.В.ДВ.1.1 Экологическая экспертиза литейно-металлургических производств	+		
Б1.В.ДВ.1.2 Физическое и математическое моделирование в металлургии	+		
ФТД.2 Технологическая подготовка производства отливок		+	
Б2.П.1 Практика решения задач профессиональной деятельности технологического типа			+
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				
ПК-2. Способен проводить разработку моделей объектов профессиональной деятельности	ИПК-2.1. Осуществляет постановку задач и целей моделей объектов. ИПК-2.2. Проводит разработку моделей объектов профессиональной деятельности.	Знать: - физическое и математическое моделирование в металлургии; Уметь: - применять актуальную нормативную документацию при физическом и математическом моделировании в металлургии.	Владеть: - навыками разработки планов и методических программ проведения исследований и разработок при физическом и математическом моделировании в металлургии.	ПС 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам» ТФ В/02.6 Проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований	Банк вопросов	Вопросы и задачи к зачету с оценкой	
ПК-5. Способен проводить разработку, критический анализ metallurgических процессов и оценку работы технологического оборудования для их реализации	ИПК-5.1. Проводит критический анализ metallurgических процессов.			ПС 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам» ТФ С/01.6 Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам	Банк вопросов	Вопросы и задачи к зачету с оценкой	

ПК-8. Способен выбирать и применять методы моделирования металлургических процессов	ПК-8.1. Выбирает методы моделирования металлургических процессов. ПК-8.2. Применяет методы моделирования металлургических процессов.	Знать: - принципы работы, конструкция и рабочие процессы основных типов литьевых машин. ПК-8.2. Применяет методы моделирования металлургических процессов.	Уметь: - анализировать производственную ситуацию и конструкцию литьевых машин при физическом и математическом моделировании в металлургии; - выполнять необходимые технические расчеты на имеющееся литьевое оборудование при физическом и математическом моделировании в металлургии;	Владеть: - навыками анализа технической подготовки литьевого производства при физическом и математическом моделировании в металлургии; - выполнять необходимые технические расчеты на имеющееся литьевое оборудование при физическом и математическом моделировании в металлургии.	ПС 31.009 «Работник литьевого производства в автомобилестроении» ТФ J/01.7 Организация разработки и внедрения программ развития литьевого производства в автомобилестроении	Банк вопросов	Вопросы и задачи к зачету с оценкой
---	---	---	---	---	---	---------------	-------------------------------------

Трудовая функция ТФ В/02.6 Проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований

Трудовые действия:

- осуществление разработки планов и методических программ проведения исследований и разработок;
- проведение анализа научных данных, результатов экспериментов и наблюдений.

Трудовые умения:

- оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

Трудовые знания:

- методы анализа научных данных;
- методы и средства планирования и организации исследований и разработок.

Трудовая функция ТФ С/01.6 Осуществление научного руководства

Трудовые действия:

- разработка планов и методических программ проведения исследований и разработок по определенной тематике;
- организация сбора и изучения научно-технической информации по теме.

Трудовые умения:

- применять актуальную нормативную документацию в соответствующей области знаний.

Трудовые знания:

- актуальная нормативная документация в соответствующей области знаний;
- средства и практика планирования, организации, проведения и внедрения научных исследований и разработок.

Трудовая функция ТФ І/01.7 Организация разработки и внедрения программ развития литейного производства в автомобилестроении

Трудовые действия:

- руководство формированием программ технического развития и перевооружения в литейном производстве в автомобилестроении на основе передовых (наилучших доступных) технологий;

Необходимые умения:

- формировать цели и задачи развития литейного производства в автомобилестроении;
- анализировать передовые методы изготовления отливок в литейном производстве в автомобилестроении;
- разрабатывать проекты технического перевооружения в литейном производстве в автомобилестроении;

Необходимые знания:

- требования международных стандартов менеджмента качества в автомобилестроении;
- основы проектирования литейных цехов.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зач.ед., 108 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 курсам 1 курс
Формат изучения дисциплины		с использованием элементов электронного обучения
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	108	108
1. Контактная работа:	21	21
1.1. Аудиторная работа, в том числе:	15	15
занятия лекционного типа (Л)	5	5
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. занятия и др.)	10	10
лабораторные работы (ЛР)	-	-
1.2. Внеаудиторная, в том числе	6	6
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)	-	-
текущий контроль, консультации по дисциплине	-	-
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	-	-
2. Самостоятельная работа (СРС)	78	78
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.)	78	78
Подготовка к экзамену (контроль)	9	9
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 активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах)				
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час								
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час									
4 семестр													
ПК-2: ИПК-2.1; ИПК-2.2. ПК-5: ИПК-5.1. ПК-8: ПК-8.1; ПК-8.2.	Раздел 1 Введение. Методы математического моделирования												
	Тема 1.1 Классификация математических моделей	1		2	19	Подготовка к лекциям [1]	Презентация	1					
	Тема 1.2. Способы реализации математических моделей	1		2	19	Подготовка к лекциям [1]	Коллективное решение творческих задач	1					
	Итого по 1 разделу	2		4	38			2					
	Раздел 2 Методы физического моделирования												
	Тема 2.1. Построение физических моделей. Моделирование гидродинамических процессов	1		2	10	Подготовка к лекциям [1]	Презентация	1					
	Тема 2.2. Моделирование тепловых процессов	1		2	15	Подготовка к лекциям [1]	Коллективное решение творческих задач	1					
	Тема 2.3. Моделирование многофазных потоков.	1		2	15	Подготовка к лекциям [1]	Коллективное решение творческих задач	1					
	Итого по 2 разделу	3		6	40			3					

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах)
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час	Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
	ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	5		10	78			5	
	Подготовка к экзамену				9				
	ИТОГО по дисциплине	5		10	87			5	

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. Сформулировать ключевые характеристики физической модели (по указанию преподавателя).
2. Составить программу расчета математической модели (по указанию преподавателя).
3. Методы решения уравнений параболического типа в частных производных.
4. Приближенные методы решения уравнения теплопроводности.
5. Критерии и числа подобия.
6. Масштабы моделирования.

2) Типовые вопросы, выносимые на промежуточную аттестацию (зачет с оценкой)

1. Дифференциальные уравнения в частных производных.
2. Аналитические методы решения.
3. Метод конечных интегральных преобразований.
4. Интегральные преобразования в бесконечных пределах.
5. Теоретические основы операционного исчисления.
6. Теоретические основы приближенных аналитических и численных методов.
7. Приближенные аналитические методы.
9. Приближенные методы расчета нестационарной теплопроводности.
10. Численные методы расчета нагрева.
11. Приближенные методы определения продолжительности нагрева.
12. Методы расчета плавления.
13. Приближенные методы расчета затвердевания.
14. Метод интегрального теплового баланса для пластины, цилиндра и шара.
15. Квазиравновесные модели затвердевания.
16. Влияние внешних динамических воздействий на затвердевание стальных слитков и заготовок.
17. Теоремы подобия.
18. Критерии и числа подобия.
19. Условия однозначности при физическом моделировании.
20. Моделирование многофазных потоков.
21. Моделирование затвердевания и структурообразования отливок.
22. Моделирование затвердевания и структурообразования отливок.

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
ПК-2. Способен проводить разработку моделей объектов профессиональной деятельности.	ИПК-2.1. Осуществляет постановку задач и целей моделей объектов. ИПК-2.2. Проводит разработку моделей объектов профессиональной деятельности.	Задача решена менее чем на 50%. Студент не способен эффективно применить знания основных положений учебной дисциплины только в решении наиболее часто встречающиеся проблем в конкретной области.	Задача решена более чем на 50%. Продемонстрированы знания основных положений учебной дисциплины только в решении наиболее часто встречающиеся проблем в конкретной области, умения решать конкретные практические задачи из числа предусмотренных рабочей программой, студент знаком с рекомендованной справочной литературой.	Задача решена более чем на 75%. Студент способен обработать, анализировать и синтезировать предложенную информацию, выбрать 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.	Задача решена более чем на 90%. Студент свободно и уверенно оперирует предоставленной информацией, отлично владеет навыками ее анализа и синтеза, знает 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.
ПК-5. Способен проводить разработку, критический анализ металлургических процессов и оценку работы технологического оборудования для их реализации.	ИПК-5.1. Проводит критический анализ металлургических процессов.	ПК-8.1. Выбирает методы моделирования металлургических процессов.			
ПК-8. Способен выбирать и применять методы моделирования металлургических процессов.	ПК-8.2. Применяет методы моделирования металлургических процессов.				

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку « отлично » 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 « хорошо » 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 « удовлетворительно » 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 « неудовлетворительно » 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. Математическое моделирование процессов и объектов : Учеб. пособие (практикум) / И.О. Леушин, М.А. Гейко ; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. - Н. Новгород : [Изд-во НГТУ], 2020. - 94 с. - Прил.:с.61-94. - Библиогр.:с.60. - ISBN 978-5-502-01377-2 : 0-00.	12
2	Гущин В.Н., Ульянов В.А., Васильев В.А. Математическое и физическое моделирование теплофизических процессов в металлургии. Учебн. пособие. – Н. Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2014. – 156 с.	21
3	Леушин И.О. Моделирование процессов и объектов в металлургии. Учебн. пособие. - Н.Новгород : НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2010. – 150 с.	151

6.2. Справочно-библиографическая литература

№пп	Наименование издания	Количество в библиотеке
4	Моделирование процессов и объектов. Подготовка к решению задач : Учебно-метод. пособие для студ. высших учебных заведений, обучающихся по направлению 22.03.02 "Металлургия", 15.03.01 "Машиностроение" / НГТУ им. Р.Е. Алексеева, Каф. "Металлургические	10

	технологии и оборуд."; Сост. И.О. Леушин, М.А. Гейко, О.И. Чеберяк. - Н. Новгород : [Изд-во НГТУ], 2018. - 48 с. - Библиогр.:с.48. - 0-00.	
5	Ульянов В.А., Сивков В.Л., Гущин В.Н. Физическое моделирование в области системного анализа металлургических объектов. – Н. Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2014. – 316 с.	5
6	Ульянов В.А, Гущин В.Н. Непрерывное литье заготовок. Методы исследования процессов в МНЛЗ; - НГТУ им. Р.Е. Алексеева. - Н. Новгород: Изд-во НГТУ, 2016. - 189 с.	18

6.3 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

№пп	Наименование издания	Количество в библиотеке
7	Моделирование и оптимизация процессов нагрева и затвердевания : Учебно-метод. пособие к практ. занятиям для студ.-магистрантов направления подгот.22.03.02 "Металлургия" всех форм обучения / НГТУ им. Р.Е. Алексеева, Научно-образовательный ин-т физико-хим. технол. и материаловедения, Каф. "Металлургические технол. и оборуд."; Сост.: В.Н. Гущин, А.С. Романов; Науч. ред. И.О. Леушин. - Н. Новгород : [Изд-во НГТУ], 2022. - 42 с. : ил. - Библиогр.:с.42. - 0-00.	7
8	Леушин, И.О. Подготовка и защита выпускной квалификационной работы магистра: учебно-методическое пособие для студентов-магистрантов направления подготовки 22.04.02 «Металлургия» всех форм обучения / НГТУ; сост: И.О. Леушин, В.Н. Гущин, В.А. Коровин, Л.И. Леушкина, Е.А. Чернышов, Нижний Новгород, 2020. – 43 с.	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 Znaniум.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. «Инженеринг» [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 – Загл. с экрана.
14. Портал «Металлург» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: www.bestmetallurg.narod.ru – Загл. с экрана.
15. О системах моделирования литьевых процессов [Электронный ресурс]. - Режим доступа: www.lvmflow.ru – Загл. с экрана.
16. Портал «Моделирование литьевых процессов» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: www.castsoft.ru – Загл. с экрана.
17. Портал Российской Ассоциации Литейщиков [Электронный ресурс]. - Режим доступа: www.ruscastings.ru – Загл. с экрана.

7.2. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

В список включается перечень лицензионных баз данных, информационно-справочных и поисковых систем (по профилю образовательных программ).

Например:

Таблица 7 - Перечень электронных библиотечных систем

№	Наименование ЭБС	Ссылка, по которой осуществляется доступ к ЭБС
1	2	3
1	Консультант студента	http://www.studentlibrary.ru/
2	Лань	https://e.lanbook.com/
3	Юрайт	https://biblio-online.ru/
4	TNT-ebook	https://www.tnt-ebook.ru/

Таблица 8 - Перечень программного обеспечения

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

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	PDM STEP Suite 5.405 free license
Компас 3D v21. Лицензионное соглашение № Нп-24-00076 от 28.06.24	
LVMFlow 4.5r5, лицензия №8200.G54 (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	https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts
2	Базы данных Национального совета по оценочной деятельности	http://www.ncva.ru
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.

В таблице 11 перечислены:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения;
- помещения для самостоятельной работы обучающихся, которые должны оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГТУ.

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
	3306а Мультимедийная аудитория (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации) (кафедра "Металлургические технологии и оборудование")	"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 Ofice 2007 Russian Academic OPEN No Level; номер лицензии 44804588; дата выдачи 15.11.2008; авторизационный номер лицензиата 64795440ZZE1011. LVMFlow 4.5r5, лицензия №8200.G54 Представляемое ОУ на безвозмездной основе в учебных целях: Компас 3D v21. Лицензионное соглашение № Нп-24-00076 от 28.06.24; PDM STEP Suite 5.405 free license: http://pss.cals.ru ; CAE Fidesys 7.1. https://cae-fidesys.com . Dr.Web (с/н ZNFC-CR5D-5U3U-JKGП от 20.05.2024)

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 работы в ЭИОС эквивалентна аудиторной работе.

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- 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 за 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

Лабораторные работы не предусмотрены.

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:

1. Гущин В.Н., Ульянов В.А., Васильев В.А. Математическое и физическое моделирование теплофизических процессов в металлургии. Учебн. пособие. – Н.Новгород: НГТУ им. Р.Е.Алексеева, 2014. – 156 с.
2. Ульянов В.А., Сивков В.Л., Гущин В.Н. Физическое моделирование в области системного анализа металлургических объектов. – Н. Новгород: НГТУ им. Р.Е.Алексеева, 2014. – 316 с.

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. Сформулировать ключевые характеристики физической модели.
2. Составить программу расчета математической модели.
3. Составить схему расчета и задать условия однозначности теплофизического процесса.
4. Провести обоснование выбора методики моделирования, заданной технологии.

11.1.2. Типовые задания для лабораторных работ

Лабораторные работы не предусмотрены.

11.1.2. Типовые вопросы (задания) для устного (письменного) опроса

1. Провести математическое описание процессов, оборудования и объектов моделирования (по указанию преподавателя)
2. Составить условия однозначности металлургического объекта моделирования (по указанию преподавателя)
3. Составить критериальные зависимости и рассчитать масштабы моделирования технологического процесса (по указанию преподавателя)
4. Провести контроль эффективности работы модели.
5. Провести перерасчет параметров с модели на оригинал (по указанию преподавателя)

11.1.3. Типовые кейс-задачи

1. Провести обоснование выбор метода моделирования, заданной технологии (по указанию преподавателя).
2. Обосновать выбор методики моделирования (по указанию преподавателя).
3. Провести математическое описание технологического 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 и заданий для подготовки к экзамену

1. Дифференциальные уравнения в частных производных.
2. Аналитические методы решения.
3. Метод конечных интегральных преобразований.
4. Интегральные преобразования в бесконечных пределах.
5. Теоретические основы операционного исчисления.
6. Теоретические основы приближенных аналитических и численных методов.
7. Приближенные аналитические методы.
9. Приближенные методы расчета нестационарной теплопроводности.
10. Численные методы расчета нагрева.

11. Приближённые методы определения продолжительности нагрева.
12. Методы расчета плавления.
13. Приближенные методы расчета затвердевания.
14. Метод интегрального теплового баланса для пластины, цилиндра и шара.
15. Квазиравновесные модели затвердевания.
16. Влияние внешних динамических воздействий на затвердевание отливок.
17. Теоремы подобия.
18. Критерии и числа подобия.
19. Условия однозначности при физическом моделировании.
20. Моделирование многофазных потоков.
21. Моделирование затвердевания и структурообразования отливок.
22. Моделирование затвердевания и структурообразования отливок.
23. Моделирование потоков металла в промковше.
24. Моделирование продувки жидкой фазы.

РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу дисциплины «Физическое и математическое моделирование в металлургии» ОП ВО по направлению 22.04.02 «Металлургия»,
программа «Металлургические процессы и ресурсосбережение»
(квалификация выпускника – магистр)

Володиным Анатолием Вячеславовичем, генеральным директором ПАО «Нормаль» (далее по тексту рецензент), проведена рецензия рабочей программы дисциплины «Физическое и математическое моделирование в металлургии» ОП ВО по направлению 22.04.02 «Металлургия», программа «Металлургические процессы и ресурсосбережение» (магистратура) разработанной в ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева», на кафедре «Металлургические технологии и оборудование» (разработчик – Гейко М.А. к.т.н., доцент, доцент).

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

Программа соответствует требованиям ФГОС ВО по направлению 22.04.02 «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 базовой части учебного цикла – Б1.

Представленные в Программе цели дисциплины соответствуют требованиям ФГОСВО направления 22.04.02 «Металлургия».

В соответствии с Программой за дисциплиной «Физическое и математическое моделирование в металлургии» закреплены компетенции ПК-2, ПК-5, ПК-8. 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 «Физическое и математическое моделирование в металлургии» составляет 3 зачётные единицы (108 часов). Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин соответствует действительности. Дисциплина «Физическое и математическое моделирование в металлургии» взаимосвязана с другими дисциплинами ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 22.04.02 «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 «Физическое и математическое моделирование в металлургии» предполагает не менее 50% занятий в интерактивной форме.

Виды, содержание и трудоёмкость самостоятельной работы студентов, представленные в Программе, соответствуют требованиям к подготовке выпускников, содержащимся во ФГОС ВО направления 22.04.02 «Металлургия».

Представленные и описанные в Программе формы текущей оценки знаний (устный и письменный опрос, творческие задания и др.), соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Форма промежуточного контроля знаний студентов, предусмотренная Программой, – зачет, что соответствует статусу дисциплины, как дисциплины базовой части учебного цикла – Б1 ФГОС ВО направления 22.04.02 «Металлургия».

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

Учебно-методическое обеспечение дисциплины представлено: основной литературой – 3 источника, вспомогательной – 5 источников, периодическими изданиями – 7, источников со ссылкой на электронные ресурсы, Интернет-ресурсы – 14 и соответствует требованиям ФГОСВО направления 22.04.02 «Металлургия».

Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует специфике дисциплины **«Физическое и математическое моделирование в металлургии»** 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 **«Физическое и математическое моделирование в металлургии»**.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основании проведенной рецензии можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины **«Физическое и математическое моделирование в металлургии»** ОПОП ВО по направлению 22.04.02 «Металлургия», программа *«Металлургические процессы и ресурсосбережение»* (*квалификация выпускника – магистр*), разработанная Гейко Михаилом Алексеевичем к.т.н., доцентом, доцентом соответствует требованиям ФГОС ВО, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

Рецензент:

Володин А.В., генеральный директор ПАО «Нормаль»

20.01.2025 г.