

**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

“ 8 ” июня 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.И.ОД.6 «Моделирование и оптимизация процессов металлургии»  
(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)

для подготовки магистров

Направление подготовки: 22.04.02 «Металлургия»

\_\_\_\_\_

(код и направление подготовки, специальности)

Направленность: программа «Инноватика и предпринимательство в металлургии»

\_\_\_\_\_

(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 108 часа / 3 з.е.

Промежуточная аттестация зачет с оценкой

Разработчик: Гущин В.Н., д.т.н., профессор, доцент

НИЖНИЙ НОВГОРОД, 2021

Рецензент:  
генеральный директор ПАО «Нормаль»



Володин А.В.

«20» мая 2021 г.

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 03.12.2020 г. № 4

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

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 08.06.2021 г. № 1

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ регистрационный № 22.04.02-И-15

Начальник УМУ \_\_\_\_\_

(подпись)

Ермакова Т.И.

Заведующая отделом комплектования НТБ \_\_\_\_\_

(подпись)

Ермолаева Г.Н.

## **СОДЕРЖАНИЕ**

|  |  |
|--|--|
| 1. Цель и задачи освоения дисциплины.....  | <b>ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.</b> |
| 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....   | 4                                      |
| 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины .....                                    | 7                                      |
| 4. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины .....                    | 13                                     |
| 5. Структура и содержание дисциплины   |  |
| 6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.....   | 16                                     |
| 7. Информационное обеспечение дисциплины.....  | 16                                     |
| 8. Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ.....  | 19                                     |
| 9. Материально-техническое обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса по дисциплине..... | 20                                     |
| 10. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины.....  | 21                                     |
| 11.Оценочные средства для контроля освоения дисциплины.....  | 24                                     |
| 12. Приложения.....  | 27                                     |
| 13.Лист актуализации рабочей программы дисциплины.....   | 31                                     |

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1. Целью (целями) освоения дисциплины является** Цель изучения дисциплины: формирование у студентов необходимых компетенций, позволяющих осуществлять моделирование металлургических процессов и находить оптимальные технические решения.

### 1.2. Задачи освоения дисциплины

Дисциплина «Моделирование и оптимизация процессов 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 «Моделирование и оптимизация процессов 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 так же 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.7 «Организация и математическое планирование эксперимента в металлургии».

Рабочая программа дисциплины «Моделирование и оптимизация процессов 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: 22.03.02 «Металлургия»: ПК-4, ПК-15 (табл. 1).

Таблица 1 - Формирование компетенций дисциплиной

| Наименование дисциплин, формирующих | Семестры формирования компетенций дисциплиной |
|-------------------------------------|---|
|-------------------------------------|---|

| компетенцию<br>совместно  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| <b>ПК - 4</b>   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Б1.В.ОД.1 Инновационные литейно-металлургические технологии                     |   | + |   |   |   |   |   |   |
| <b>Б1.В. ОД.6 Моделирование и оптимизация процессов металлургии</b>             | + |   |   |   |   |   |   |   |
| ФТД.2 Работа с иноязычной технической информацией                               |   |   | + |   |   |   |   |   |
| ФТД.5 Оборудование литейных цехов   |   | + |   |   |   |   |   |   |
| Б2.П.2 Научно-исследовательская работа  | + | + | + |   |   |   |   |   |
| Б2.П.3 Научно-исследовательская работа  |   |   |   | + |   |   |   |   |
| Б3.Д.1 Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы |   |   |   | + |   |   |   |   |
| <b>ПК-15</b>  |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Б1.В.ОД.1 Инновационные литейно-металлургические технологии                     |   | + |   |   |   |   |   |   |
| Б1.В.ОД.2 Основы бизнеса в металлургии  | + |   |   |   |   |   |   |   |
| Б1.В.ОД.3 Металлургические методы переработки промышленных и бытовых отходов    |   | + |   |   |   |   |   |   |
| <b>Б1.В.ОД.6 Моделирование и оптимизация процессов металлургии</b>              | + |   |   |   |   |   |   |   |
| Б1.В.ДВ.1.1 Проектирование и производство оснастки                              | + |   |   |   |   |   |   |   |
| Б1.В.ДВ.1.2 Технологическая подготовка литейно-металлургических производств     | + |   |   |   |   |   |   |   |
| Б1.В.ДВ.2.1 Аддитивные технологии и производства                                |   |   | + |   |   |   |   |   |
| Б1.В.ДВ.2.2 Автоматизация производства в металлургии                            |   |   | + |   |   |   |   |   |
| Б1.В.ДВ.3.1 Основы коммерциализации технологий                                  | + |   |   |   |   |   |   |   |
| Б1.В.ДВ.3.2 Экспертиза инновационно-инвестиционных решений в металлургии        | + |   |   |   |   |   |   |   |
| Б1.В.ДВ.4.1 Системный анализ в металлургии                                      | + |   |   |   |   |   |   |   |
| Б1.В.ДВ.4.2 Предпринимательская деятельность в металлургии                      | + |   |   |   |   |   |   |   |
| Б1.В.ДВ.5.1 Модернизация металлургических производств                           | + |   |   |   |   |   |   |   |
| Б1.В.ДВ.5.2 Технический надзор и экологическая экспертиза объектов металлургии  | + | + |   |   |   |   |   |   |
| ФТД.1 Базовые технологии производства металлических заготовок                   |   | + |   |   |   |   |   |   |
| ФТД.3 Специальные способы литья   |   |   |   |   |   |   |   |   |

| Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно                      | Семестры формирования компетенций дисциплиной |   |   |   |   |   |   |   |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|
|  | 1   | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Б2.П.4Преддипломная практика   |   |   |   | + |   |   |   |   |
| Б3.Д.1Подготовка 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 - 4<br>Способен проводить измерения и наблюдения в сфере профессиональной деятельности, обрабатывать и представлять экспериментальные данные | ИПК-4.1.<br>Проводит анализ результатов экспериментов.<br>ИПК-4.2.<br>Осуществляет выбор оптимальных решений.   | <b>Знать:</b><br>- основы моделирования и оптимизации процессов металлургии.   | <b>Уметь:</b><br>- разрабатывать планы и методические программы проведения исследований и разработок при моделировании и оптимизации процессов металлургии. | <b>Владеть:</b><br>- навыками применения актуальной нормативной документации при моделировании и оптимизации процессов металлургии.  | ПС 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам»<br>ТФ С/01.6<br>Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам               | Банк вопросов      | Вопросы и задачи к зачету с оценкой |
| ПК-15. Способен управлять процессом освоения инноваций в металлургическом производстве и прогнозировать его результаты.                         | ИПК-15.1.<br>Разрабатывает процесс разработки инноваций в металлургическом производстве.<br>ИПК-15.2.<br>Управляет процессом освоения инноваций в металлургическом производстве.<br>ИПК-15.3.<br>Прогнозирует результаты инноваций в металлургическом производстве. | <b>Знать:</b><br>- стандарты, технические условия и другие нормативные и руководящие материалы по оформлению конструкторской документации при моделировании и оптимизации процессов металлургии. | <b>Уметь:</b><br>- планировать экспериментальные работы, оформлять техническую документацию и отчеты при моделировании и оптимизации процессов металлургии. | <b>Владеть:</b><br>- навыками оценки результатов экспериментальных работ, составление отчета по результатам экспериментальных работ при моделировании и оптимизации процессов металлургии. | ПС 40.082 «Специалист по внедрению новой техники и технологий в литейном производстве»<br>ТФ С/04.7 Отработка технологии изготовления изделий и продукции, подлежащих освоению в литейном производстве | Банк вопросов      | Вопросы и задачи к зачету с оценкой |

*Трудовая функция ПС 40.011:* Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам.

Квалификационные требования к ТФ:

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.



#### 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 семестрам |
|   |  | 4 семестр           |
| Формат изучения дисциплины  | с использованием элементов электронного обучения |                     |
| Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану   | <b>108</b>                                       | <b>108</b>          |
| <b>1. Контактная работа:</b>  | <b>55</b>  | <b>55</b>           |
| <b>1.1. Аудиторная работа, в том числе:</b>   | 68   | 68                  |
| занятия лекционного типа (Л)  | 17   | 17                  |
| занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. занятия и др.)   | 34   | 34                  |
| лабораторные работы (ЛР)  | -  | -                   |
| <b>1.2. Внеаудиторная, в том числе</b>  | 4  | 4                   |
| курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)   | -  | -                   |
| текущий контроль, консультации по дисциплине  | -  | -                   |
| контактная работа на промежуточном контроле (КРА)   | -  | -                   |
| <b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>  | <b>53</b>  | <b>53</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.) | 53   | 53                  |
| Подготовка к экзамену (контроль)  | -  | -                   |
| 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<br>(контролируемые)<br>результаты<br>освоения:<br>код УК; ОПК; ПК<br>и индикаторы<br>достижения<br>компетенций | Наименование разделов, тем   | Виды учебной работы  |                             |                              |   | Вид СРС                            | Наименование<br>используемых<br>активных и<br>интерактивных<br>образовательных<br>технологий | Реализация<br>в рамках<br>практической<br>подготовки<br>(трудоемкость в<br>часах) | Наименование<br>разработанного<br>электронного<br>курса<br>(трудоемкость в<br>часах) |
|--|--|----------------------|-----------------------------|------------------------------|---|------------------------------------|--|---|--|
|  |  | Контактная<br>работа |                             |                              | Самостоятельная<br>работа студентов<br>(СРС), час |                                    |  |   |  |
|  |  | Лекции, час          | Лабораторные<br>работы, час | Практические<br>занятия, час |   |                                    |  |   |  |
| 4 семестр  |  |                      |                             |                              |   |                                    |  |   |  |
| ПК-2:<br>ИПК-2.1,<br>ИПК-2.2   | Раздел 1 Введение. Дифференциальные уравнения в частных производных  |                      |                             |                              |   |                                    |  |   |  |
|  | Тема 1.1 .Введение. Классификация моделей.   | 1                    |                             |                              | 2   | Подготовка к лекциям<br>[1]        | Презентация  | 1   |  |
|  | Тема 1.2 Аналитические методы решения.   | 1                    |                             | 2                            | 5   | Подготовка к лекциям<br>[1]        | Коллективное<br>решение творческих<br>задач  | 1   |  |
|  | Тема 1.3 Метод конечных интегральных преобразований. Операционное исчисление.                                    | 1                    |                             | 2                            | 5   |                                    | Мини-лекция  | 1   |  |
|  | Итого по 1 разделу   | 3                    |                             | 4                            | 17  |                                    |  |   |  |
|  |  |                      |                             |                              |   |                                    |  |   |  |
|  | Раздел 2 Теоретические основы приближенных аналитических и численных методов. Приближенные аналитические методы. |                      |                             |                              |   |                                    |  |   |  |
|  | Тема 2.1. Методы расчета нагрева и охлаждения металлических, теплоизоляционных и многослойных материалов.        | 1                    |                             | 2                            | 2   | Подготовка к лекциям<br>[1]        | Презентация  | 1   |  |
|  | Тема 2.2. Приближенные методы расчета нестационарной теплопроводности.   | 1                    |                             | 4                            | 2   | Подготовка к лекциям<br>[1]        | Презентация  | 1   |  |
| Тема 2.3. Численные методы расчета нагрева.  | 1  |                      | 4                           | 3                            |   | Коллективное<br>решение творческих | 1  |   |  |

| Планируемые<br>(контролируемые)<br>результаты<br>освоения:<br>код УК; ОПК; ПК<br>и индикаторы<br>достижения<br>компетенций | Наименование разделов, тем  | Виды учебной работы  |                             |                              |   | Вид СРС                     | Наименование<br>используемых<br>активных и<br>интерактивных<br>образовательных<br>технологий | Реализация<br>в рамках<br>практической<br>подготовки<br>(трудоемкость в<br>часах) | Наименование<br>разработанного<br>электронного<br>курса<br>(трудоемкость в<br>часах) |
|--|---|----------------------|-----------------------------|------------------------------|---|-----------------------------|--|---|--|
|  |   | Контактная<br>работа |                             |                              | Самостоятельная<br>работа студентов<br>(СРС), час |                             |  |   |  |
|  |   | Лекции, час          | Лабораторные<br>работы, час | Практические<br>занятия, час |   |                             |  |   |  |
|  |   |                      |                             |                              |   |                             | задач  |   |  |
|  | Тема 2.4. Методы расчета<br>затвердевания и плавления.<br>Приближенные методы расчета<br>затвердевания. | 1                    |                             | 4                            | 2   |                             | Презентация  | 1   |  |
|  | Тема 2.5. Квазиравновесные модели<br>затвердевания.   | 1                    |                             |                              | 4   |                             | Мини-лекция  | 1   |  |
|  | Тема 2.6. Оптимизация решений.<br>Критерии оптимизации.   | 1                    |                             | 4                            | 4   |                             | Коллективное<br>решение творческих<br>задач  | 1   |  |
|  | Итого по 2 разделу  | 6                    |                             | 18                           | 17  |                             |  |   |  |
|  |   |                      |                             |                              |   |                             |  |   |  |
|  | Раздел 3 Методы физического<br>моделирования  |                      |                             |                              |   |                             |  |   |  |
|  | Тема 3.1. Теория физического<br>моделирования.  | 1                    |                             |                              | 2   | Подготовка к лекциям<br>[1] | Мини-лекция  | 1   |  |
|  | Тема 3.2 Теоремы подобия.<br>Критерии и числа подобия.  | 2                    |                             |                              | 3   | Подготовка к лекциям<br>[1] | Презентация  | 1   |  |
|  | Тема 3.3 Моделирование<br>гидродинамических процессов.  | 2                    |                             |                              | 4   |                             | Коллективное<br>решение творческих<br>задач  | 1   |  |
|  | Тема 3.4. Моделирование тепловых<br>процессов   | 2                    |                             |                              | 4   |                             | Коллективное<br>решение творческих<br>задач  | 1   |  |
|  | Тема 3.5 Моделирование<br>многофазных потоков.  | 1                    |                             |                              | 4   |                             | Коллективное<br>решение творческих<br>задач  | 1   |  |
|  | Итого по 3 разделу  | 6                    |                             | 12                           | 1   |                             |  |   |  |
|  |   |                      |                             |                              |   |                             |  |   |  |

| Планируемые<br>(контролируемые)<br>результаты<br>освоения:<br>код УК; ОПК; ПК<br>и индикаторы<br>достижения<br>компетенций | Наименование разделов, тем | Виды учебной работы  |                             |                              |   | Вид СРС | Наименование<br>используемых<br>активных и<br>интерактивных<br>образовательных<br>технологий | Реализация<br>в рамках<br>практической<br>подготовки<br>(трудоемкость в<br>часах) | Наименование<br>разработанного<br>электронного<br>курса<br>(трудоемкость в<br>часах) |
|--|----------------------------|----------------------|-----------------------------|------------------------------|---|---------|--|---|--|
|  |                            | Контактная<br>работа |                             |                              | Самостоятельная<br>работа студентов<br>(СРС), час |         |  |   |  |
|  |                            | Лекции, час          | Лабораторные<br>работы, час | Практические<br>занятия, час |   |         |  |   |  |
|  |                            |                      |                             |                              |   |         |  |   |  |
|  | ИТОГО ЗА СЕМЕСТР           | 17                   |                             | 34                           | 53  |         |  |   |  |
|  | ИТОГО по дисциплине        | 17                   |                             | 34                           | 53  |         |  |   |  |

## **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. Составить схему расчета и задать условия однозначности для теплофизического процесса (по указанию преподавателя).

#### **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.
8. Методы расчета нагрева и охлаждения металлических, теплоизоляционных и многослойных материалов.
9. Приближенные методы расчета нестационарной теплопроводности.
10. Численные методы расчета нагрева.
11. Нестандартная теплопроводность.
12. Графический метод решения задач нагрева и охлаждения.
13. Регулярный тепловой режим.
14. Метод определения коэффициента температуропроводности.
15. Приближенные методы определения продолжительности нагрева.
16. Методы расчета плавления.
17. Приближенные методы расчета затвердевания.
18. Метод интегрального теплового баланса для пластины, цилиндра и шара.
19. Квазиравновесные модели затвердевания.
20. Влияние внешних динамических воздействий на затвердевание стальных слитков и заготовок.
21. Теоремы подобия.

22. Критерии и числа подобия.
23. Условия однозначности при физическом моделировании.
24. Автомодельность процесса.
25. Оптимизация металлургических процессов.
26. Критерии оптимизации.
27. Моделирование гидродинамических процессов.
28. Моделирование многофазных потоков.
29. Моделирование затвердевания и структурообразования отливок.
31. Моделирование затвердевания и структурообразования отливок.
32. Моделирование потоков металла в проковше.
33. Моделирование потоков металла в кристаллизаторах МНЛЗ.
34. Продувка жидкой фазы.
35. Обработка расплавов упругими колебаниями.
36. Особенности моделирования центробежных 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<br>«неудовлетворительно»<br>/ «не зачтено»<br>0-59%<br>от max рейтинговой<br>оценки контроля | Оценка<br>«удовлетворительно» /<br>«зачтено»<br>60-74%<br>от max рейтинговой оценки<br>контроля | Оценка<br>«хорошо» /<br>«зачтено»<br>75-89%<br>от max рейтинговой<br>оценки контроля | Оценка<br>«отлично» /<br>«зачтено»<br>90-100%<br>от max рейтинговой<br>оценки контроля |
| <b>ПК-4.</b><br>Способен проводить анализ результатов экспериментов, | ИПК-4.1. Проводит анализ результатов экспериментов.  | Задача решена менее чем на 50%<br>Студент не способен эффективно применить                          | Задача решена более чем на 50%.<br>Продемонстрированы знания основных положений учебной         | Задача решена более чем на 75%.<br>Студент способен обработать,                      | Задача решена более чем на 90%.<br>Студент свободно и уверенно оперирует               |

|   |                        |                          |   |   |   |  |
|---|------------------------|--------------------------|---|---|---|--|
| осуществлять выбор оптимальных решений, подготавливать и составлять обзоры, отчеты и научные публикации | ИПК-4.2. выбор решений | Осуществляет оптимальных | знания основных положений учебной дисциплины только в решении наиболее часто встречающиеся проблем в конкретной области. Студент способен к решению некоторых практических задач из числа предусмотренных рабочей программой, но слабо знаком с рекомендованной справочной литературой. | 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. | 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. | 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. |
|---|------------------------|--------------------------|---|---|---|--|

| 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

| №пп | Наименование издания  | Количество в библиотеке |
|-----|---|-------------------------|
| 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. | 50                      |
| 2   | Леушин И.О. Моделирование процессов и объектов в металлургии. Учебн. пособие. - Н.Новгород : НГТУ им. Р.Е.Алексеева, 2010. – 150 с.   | 40                      |
| 3   | Дворецкий С. И. и др. Моделирование систем. - М.: Академия, 2009. – 150 с   | 1                       |
| 4   | Полунин И.Ф. Курс математического программирования. - М. : Высшая школа, 2011. – 337 с  | 1                       |
| 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.                    | 40                      |
| 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.                                | 40                      |
| 7   | Гущин В.Н., Романов А.А. Методы расчета затвердевания : метод. Указания.– Н.Новгород: Изд-во НГТУ, 2014. - 28 с.  | 50                      |



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 (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 | <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>         |

**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 Windows XP, Prof, S/P3 (подписка DreamSpark Premium, договор №Тр113003 от 25.09.14)        | Open Office 4.1.1 (лицензия Apache License 2.0)    |
| Microsoft Windows 7 (подписка MSDN 4689, подписка DreamSparkPremium, договор № Тр113003 от 25.09.14) | Adobe Acrobat Reader (FreeWare)                    |
| Visual Studio 2008 (подписка DreamSpark Premium, договор №Тр113003 от 25.09.14)                      |  |
| Microsoft Office Professional Plus 2007 (лицензия № 42470655)  |  |
| Microsoft Office (лицензия № 43178972)   |  |
| Windows XP лиц. № 65609340   |  |
| Office 2007 лиц. № 43178971  |  |
| Microsoft Windows XP Professional (лицензия № 43178980)  |  |
| MicrosoftOffice 2007 (лицензия № 44804588)   |  |
| 1С предприятие 8.1 (лицензионное соглашение №800908353 с ЗАО «1С»)                                   |  |
| Adobe Design Premium CS 5.5.5 (лицензия № 65112135)  |  |
| Dr.Web (договор № 31704840788 от 20.03.17)   |  |
| КонсультантПлюс (Договор № 28-13/16-313 от 27.12.16)   |  |
| Техэксперт (Договор №100/860 от 22.12.2016 )   |  |

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.

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   |
| 1 | <b>3201</b> 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 меловая;<br>2. Экран настенный;<br>3. Мультимедийный проектор (Epson);<br>4. Компьютер PC Intel Pentium-G630/2 Gb RAM/HDD 500<br>5. Рабочее место преподавателя<br>6. Рабочее место студента - 12 чел.   | "Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level; номер лицензии 44804588; дата выдачи 15.11.2008; авторизационный номер лицензиата 64795440ZZE1011.<br>- Антивирус Dr.Web (с/н H365-W77K-B5HP-N346 от 31.05.2021)   |
|   | <b>3204</b> Учебная лаборатория (для проведения занятий лабораторного и практического типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации) (кафедра "Металлургические технологии и оборудование")   | "1. Микроскоп Altami MET 3MT<br>2. Установка плавильная индукционная УПИ-120-2.<br>3. Установка плавильная индукционная вакуумная ЛК140-2."  | "Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level; номер лицензии 44804588; дата выдачи 15.11.2008; авторизационный номер лицензиата 64795440ZZE1011.<br>- Антивирус Dr.Web (с/н H365-W77K-B5HP-N346 от 31.05.2021)"  |
|   | <b>3217</b> 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 меловая;<br>2. Экран настенный;<br>3. Мультимедийный проектор (BenQ);<br>4. Компьютер PC Intel Pentium-G630/2 Gb RAM/HDD 500<br>5. Рабочее место преподавателя<br>6. Рабочее место студента - 12 чел.<br>7. Лабораторный учебный стенд ""Автоматика и управление""<br>8. Термическая печь" | "Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level; номер лицензии 44804588; дата выдачи 15.11.2008; авторизационный номер лицензиата 64795440ZZE1011.<br>- Операционная система Windows XP(×32); лицензия MSDN Academic Alliance, ID: 700493612, Shipping information Vladimir Reshetov.<br>- Антивирус Dr.Web (с/н H365-W77K-B5HP-N346 от 31.05.2021);<br>- SIKE.Конструкция ДСП retail;<br>- SIKE.Конструкция АПК retail. |
|   | <b>3211</b> Мультимедийная аудитория (для   | "1. Доска меловая;<br>2. Экран настенный;  | "Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level; номер лицензии   |

|  |   |  |
|--|---|--|
| проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации) (кафедра "Металлургические технологии и оборудование")  | 3. Мультимедийный проектор (BenQ);<br>4. Компьютер PC Intel Pentium-G630/2 Gb RAM/HDD 500<br>5. Рабочее место преподавателя<br>6. Рабочее место студента - 12 чел.<br>7. Библиотека кафедры.<br>8. Учебный стенд ""Специальные видылитья""<br>9. Учебный стенд ""Огнеупронные материалы"" | 44804588; дата выдачи 15.11.2008; авторизационный номер лицензиата 64795440ZZE1011.<br>- Операционная система Windows XP(×32); лицензия MSDN Academic Alliance, ID: 700493612, Shipping information Vladimir Reshetov.<br>- Антивирус Dr.Web (с/н H365-W77K-B5HP-N346 от 31.05.2021);<br>- SIKE.Конструкция ДСП retail;<br>- SIKE.Конструкция АПК retail."   |
| <b>3306.а</b><br>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;<br>2. Доска интерактивная;<br>3. Мультимедийный проектор (Canon);<br>4. Компьютеры PC Intel Core I3/16 Gb RAM/NVIDIA GeForce GTX 1050Ti/RX550/HDD 500/1000 Gb (8 штук)<br>5. МФУ HP113<br>6. Рабочее место преподавателя<br>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.<br>- LVMFlow 4.5r5, лицензия №8200.G54<br>- Adem; договор №121-260 от 21.09.2012; ключ защиты 3689 от 26.04.2012.<br>Предоставляемое ОУ на безвозмездной основе в учебных целях:<br>- 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> ;<br>- PDM STEP Suite 5.405 free license: <a href="http://pss.cals.ru">http://pss.cals.ru</a> ;<br>- STOR M3 demo;<br>" |

## 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:

- 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**

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. Гуцин 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., Гуцин В.Н. Физическое моделирование в области системного анализа металлургических объектов. – Н. Новгород: НГТУ им. Р.Е.Алексеева, 2014. – 316 с.
3. Ульянов В.А, Гуцин В.Н. Непрерывное литье заготовок. Методы исследования процессов в МНЛЗ; - НГТУ им. Р.Е. Алексеева. - Н. Новгород: Изд-во НГТУ, 2016. - 189 с.
4. Гуцин В.Н., Романов А.А. Методы расчета затвердевания: метод. указания. – Н.Новгород: Изд-во НГТУ, 2014. - 28 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.

5. Провести выбор критериев оптимальности теплофизического процесса.

### **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 и рассчитать критерии оптимальности.
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. Выбрать параметры оптимизации 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 зачету 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.
8. Методы расчета нагрева и охлаждения металлических, теплоизоляционных и многослойных материалов.
9. Приближенные методы расчета нестационарной теплопроводности.
10. Численные методы расчета нагрева.
11. Нестандартная теплопроводность.
12. Графический метод решения задач нагрева и охлаждения.
13. Регулярный тепловой режим.
14. Метод определения коэффициента температуропроводности.
15. Приближенные методы определения продолжительности нагрева.
16. Методы расчета плавления.
17. Приближенные методы расчета затвердевания.
18. Метод интегрального теплового баланса для пластины, цилиндра и шара.



19. Квазиравновесные модели затвердевания.
20. Влияние внешних динамических воздействий на затвердевание стальных слитков и заготовок.
21. Теоремы подобия.
22. Критерии и числа подобия.
23. Условия однозначности при физическом моделировании.
24. Автомодельность процесса.
25. Оптимизация металлургических процессов.
26. Критерии оптимизации.
27. Моделирование гидродинамических процессов.
28. Моделирование многофазных потоков.
29. Моделирование затвердевания и структурообразования отливок.
31. Моделирование затвердевания и структурообразования отливок.
32. Моделирование потоков металла в промковше.
33. Моделирование потоков металла в кристаллизаторах МНЛЗ.
34. Продувка жидкой фазы.
35. Обработка расплавов упругими колебаниями.
36. Особенности моделирования центробежных отливок

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института ИФХТиМ  
Мацулевич Ж.В.

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 202\_\_ г.

**Лист актуализации рабочей программы дисциплины**  
**Б1.В.ОД.6 «Моделирование и оптимизация процессов металлургии»**

для подготовки магистров

Направление: 22.03.02 «Металлургия»

Направленность: программа «Инноватика и предпринимательство в металлургии»

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2021

Курс 1

Семестр 1

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 и оптимизация процессов металлургии» ОП ВО по направлению 22.04.02 «Металлургия», программа «Металлургические процессы и ресурсосбережение», «Инноватика и предпринимательство в металлургии» (квалификация выпускника – магистр)

Володиным Анатолием Вячеславовичем, генеральным директором ПАО «Нормаль» (далее по тексту рецензент), проведена рецензия рабочей программы дисциплины «Моделирование и оптимизация процессов металлургии» ОП ВО по направлению 22.04.02 «Металлургия», программа «Металлургические процессы и ресурсосбережение», «Инноватика и предпринимательство в металлургии» (магистратура) разработанной в ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева», на кафедре «Металлургические технологии и оборудование» (разработчик – Гущин В.Н. д.т.н., профессор, 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 «Моделирование и оптимизация процессов металлургии» закреплены компетенции ПК-4 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 и оптимизация процессов металлургии» составляет 3 зачётные единицы (108 часов). Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин соответствует действительности. Дисциплина «Моделирование и оптимизация процессов 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 «Моделирование и оптимизация процессов 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 – 8 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 **«Моделирование и оптимизация процессов 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 **«Моделирование и оптимизация процессов металлургии»**.

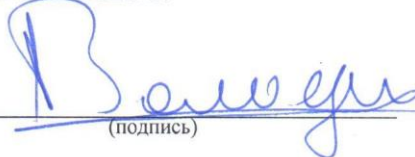
### ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основании проведенной рецензии можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины «Моделирование и оптимизация процессов металлургии» ОПОП ВО по направлению 22.04.02 «Металлургия», программа «Металлургические процессы и ресурсосбережение», «Инноватика и предпринимательство в металлургии» (квалификация выпускника – магистр), разработанная Гуцины Вячеславом Николаевичем д.т.н., профессором, 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» мая 2021 г.

  
(подпись)



Подпись рецензента Володина Анатолия Вячеславовича заверяю