



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИММиМ  
А.С. Савинов

09.02.2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ТЕОРИЯ ЛИТЕЙНЫХ ПРОЦЕССОВ***

Направление подготовки (специальность)  
22.03.02 Металлургия

Направленность (профиль/специализация) программы  
Информационные технологии в современных литейных процессах

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения  
очная


|                     |  |
|---------------------|--|
| Институт/ факультет | Институт металлургии, машиностроения и материалобработки |
| Кафедра             | Литейных процессов и материаловедения                    |
| Курс                | 3  |
| Семестр             | 5, 6   |

Магнитогорск  
2023 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 22.03.02 Metallurgy (приказ Минобрнауки России от 02.06.2020 г. № 702)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Литейных процессов и материаловедения

08.02.2023, протокол № 6

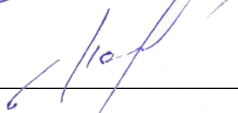
Зав. кафедрой  Н.А. Феоктистов

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ


09.02.2023 г. протокол № 5

Председатель  А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:

доцент кафедры ЛПИМ, канд. техн. наук  М.Г.Потапов

Рецензент:

зав. кафедрой ПЭиБЖД, канд. техн. наук  А.Ю.Перятинский

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Литейных процессов и материаловедения

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Н.А. Феоктистов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Литейных процессов и материаловедения

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Н.А. Феоктистов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Литейных процессов и материаловедения

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Н.А. Феоктистов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Литейных процессов и материаловедения

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Н.А. Феоктистов

### **1 Цели освоения дисциплины (модуля)**

Целями освоения дисциплины (модуля) «Теория литейных процессов» являются: формирование знаний об основных физических и физико-химических явлениях плавки металлов, течения расплавов, затвердевания, кристаллизации и охлаждения отливок, способах управления макро- и микроструктурой и получения бездефектных отливок.

### **2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина Теория литейных процессов входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Введение в направление

Физика

Физическая химия

Основы металлургического производства

Общая и неорганическая химия

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Технология литейного производства

Технология ювелирного литья

Производство отливок из стали и чугуна

Производство отливок из цветных сплавов

Специальные чугуны

Проектирование новых и реконструкция действующих литейных цехов

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

### **3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины (модуля) «Теория литейных процессов» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенции   |
|----------------|--|
| ПК-2           | Способен контролировать выполнение технологических процессов и принимать решения по устранению причин их нарушений |
| ПК-2.1         | Обладает теоретическими знаниями основ и практическими навыками производства литых изделий из различных материалов |

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных единиц 288 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 150,15 акад. часов;
- аудиторная – 141 акад. часов;
- внеаудиторная – 9,15 акад. часов;
- самостоятельная работа – 102,45 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к экзамену – 35,4 акад. час

Форма аттестации - курсовая работа, экзамен

| Раздел/ тема дисциплины   | Семестр | Аудиторная контактная работа (в акад. часах) |           |             | Самостоятельная работа студента | Вид самостоятельной работы  | Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации | Код компетенции |
|---|---------|--|-----------|-------------|---------------------------------|---|---|-----------------|
|   |         | Лек.   | лаб. зан. | практ. зан. |                                 |   |   |                 |
| 1.  |         |  |           |             |                                 |   |   |                 |
| 1.1 Введение<br>Схема технологического процесса производства отливок. Предмет и задачи курса. Краткая история развития литейного производства.  |         | 4  |           |             | 5                               | Изучение научно-технической литературы из основного списка, чтение конспекта лекций | Консультация по ЛР № 1  | ПК-2.1          |
| 1.2 Физико-химические особенности процессов приготовления литейных сплавов и основные факторы, обуславливающие получение высококачественных расплавов<br>Краткие сведения о теории строения жидкого металла-расплава. Температура плавления, интервал температур солидус, ликвидус. Изменение свойств сплава при нагреве, плавлении и перегреве. Свойства расплавов, вязкость, поверхностное натяжение, диффузия. | 5       | 4  | 8         |             | 5                               | Изучение научно-технической литературы из основного списка, чтение конспекта лекций | Устный опрос, Вопросы 1-6                                       | ПК-2.1          |
| 1.3 Выбор оптимального состава шихты и её расчет.   |         | 4  |           |             | 5                               | Изучение научно-технической литературы из основного списка, чтение конспекта лекций | Устный опрос, Вопросы 7-12                                      | ПК-2.1          |

|   |   |   |  |   |   |                                |        |
|---|---|---|--|---|---|--------------------------------|--------|
| 1.4 Взаимодействие расплавов с газами. Газы в металлах, дефекты отливок. Растворение газов в расплаве, образование газовых пузырей в расплаве, защита расплавов от газонасыщения.   | 4 | 8 |  | 5 | Изучение научно-технической литературы из основного списка, чтение конспекта лекций | Устный опрос<br>Вопросы 13-20  | ПК-2.1 |
| 1.5 Неметаллические включения в сплавах, их происхождение, влияние на структуру и механические свойства отливок   | 4 |   |  | 5 | Изучение научно-технической литературы из основного списка, чтение конспекта лекций | Устный опрос,<br>Вопросы 21-27 | ПК-2.1 |
| 1.6 Рафинирование, легирование и модифицирование. Рафинирование от растворенных в расплаве примесей, газов и неметаллических включений.   | 4 | 8 |  | 5 | Изучение научно-технической литературы из основного списка, чтение конспекта лекций | Устный опрос,<br>Вопросы 28-34 | ПК-2.1 |
| 1.7 Модифицирование, механизм зародышевый и поверхностно-активный, косвенное модифицирование - изменение размеров и формы неметаллических включений.  | 6 |   |  | 6 | Изучение научно-технической литературы из основного списка, чтение конспекта лекций | Устный опрос,<br>Вопросы 35-42 | ПК-2.1 |
| 1.8 Микро- и макроликвации (зональная). Связь ликвационных процессов с характером и условиями затвердевания сплава. Методы уменьшения химической неоднородности отливок.  | 6 |   |  | 5 | Изучение научно-технической литературы из основного списка, чтение конспекта лекций | Устный опрос,<br>Вопросы 43-50 | ПК-2.1 |
| 1.9 Заполнение форм жидким металлом. Способы заливки литейных форм, ковши поворотные и стопорные. Уравнение Бернулли для текущего расплава. Истечение расплава из поворотного и стопорного ковша.                         | 6 | 8 |  | 6 | Изучение научно-технической литературы из основного списка, чтение конспекта лекций | Устный опрос,<br>Вопросы 51-58 | ПК-2.1 |
| 1.10 Литниковые системы.. Улавливание шлака в литниковых системах. Движение расплава в каналах литниковой системы, заполнение полости формы свободно падающей струей и под затопленный уровень. Расчет литниковых систем. | 6 |   |  | 6 | Изучение научно-технической литературы из основного списка, чтение конспекта лекций | Консультация по<br>ЛР № 1      | ПК-2.1 |

|  |   |   |   |  |      |  |                               |        |
|--|---|---|---|--|------|--|-------------------------------|--------|
| 1.11 Жидкотекучесть сплава, факторы на неё влияющие, условно-истинная, нулевая, практическая жидкотекучесть. Заполняемость формы, влияние свойств материала формы и условий заполнения.  |   | 6 | 4 |  | 14,3 | Изучение научно-технической литературы из основного списка, чтение конспекта лекций и методических указаний к лабораторной работе. | Защита лабораторной №1        | ПК-2.1 |
| 1.12 Методы измерения жидкотекучести и заполняемость формы. Дефекты, связанные с низкой жидкотекучестью.   |   | 2 | 3 |  |      | Изучение научно-технической литературы из основного списка, чтение конспекта лекций и методических указаний к лабораторной работе  | Защита лабораторной №1 АКР №1 | ПК-2.1 |
| 1.13 Кристаллизация и затвердевание литейных сплавов, формирование заданных структуры и свойств<br>Термодинамические основы кристаллизации. Переохлаждение, гомогенное и гетерогенное зарождение центров кристаллизации. Предкристаллизационное состояние расплава. Рост кристаллов. Наследственность, связь переохлаждения со скоростью охлаждения, перегревом, чистотой расплава. Суспензионное литье. Объемная и последовательная кристаллизация. | 6 | 2 |   |  | 5    | Изучение научно-технической литературы из основного списка, чтение конспекта лекций  | Консультация по ЛР № 2        | ПК-2.1 |
| 1.14 Формирование структурных зон в отливках. Условное деление процесса затвердевания, начальная стадия - формирование поверхностной корочки, стадия роста столбчатых кристаллов и развития двухфазной зоны, стадия за-вершения затвердевания. Факторы, влияющие на величину структурных зон в отливке.  |   | 2 | 2 |  | 5    | Изучение научно-технической литературы из основного списка, чтение конспекта лекций и методических указаний к лабораторной работе  | Защита лабораторной №2        | ПК-2.1 |

|  |  |   |   |   |   |  |                              |        |
|--|--|---|---|---|---|--|------------------------------|--------|
| 1.15 Методы исследования затвердевания расплава в отливках. Методы инженерных расчетов затвердевания отливок. Влияние конфигурации отливок на длительность и скорость её затвердевания.  |  | 2 | 2 |   | 5 | Изучение научно-технической литературы из основного списка, чтение конспекта лекций и методических указаний к лабораторной работе  | Защита лабораторной №2 АКР№2 | ПК-2.1 |
| 1.16 Усадочные процессы<br>Физическая природа объемной усадки расплава и сплава, изменение удельного объема (плотности) сплава при его охлаждении в жидком, жидко-твердом и твердом состоянии. Предусадочное расширение, фазовое расширение. |  |   | 2 | 2 | 5 | Изучение научно-технической литературы из основного списка, чтение конспекта лекций  | Устный опрос, Вопросы 59-65  | ПК-2.1 |
| 1.17 Формирование усадочных пустот в отливке, характер усадочных пустот в отливке, связь с составом сплава и условиями формирования отливки.   |  | 2 | 2 | 4 |   | Изучение научно-технической литературы из основного списка, чтение конспекта лекций и методических указаний к лабораторной работе. | Консультация по ЛР №3        | ПК-2.1 |
| 1.18 Прибыли, типы, места установки, расчет объема прибыли, технологический выход годного металла. Способы снижения объема прибылей.   |  | 2 |   |   | 4 | Изучение научно-технической литературы из основного списка, чтение конспекта лекций и методических указаний к лабораторной работе  | Защита лабораторной №3       | ПК-2.1 |
| 1.19 Линейная усадка сплава и отливки. Факторы, влияющие на величину литейной усадки, методы определения линейной усадки.  |  | 2 | 2 | 2 |   | Изучение научно-технической литературы из основного списка, чтение конспекта лекций и методических указаний к лабораторной работе  | Защита лабораторной №3 АКР№2 | ПК-2.1 |



|   |    |    |    |        |   |                               |        |
|---|----|----|----|--------|---|-------------------------------|--------|
| 1.20 Напряжение в отливках<br>Механические, термические и фазовые напряжения в отливках, характер напряженного состояния - линейный, плоский, объемный. | 1  | 2  |    |        | Изучение научно-технической литературы из основного списка, чтение конспекта лекций и методических указаний к лабораторной работе | Защита лабораторной №4        | ПК-2.1 |
| 1.21 Напряжения временные и остаточные. Меры, снижающие остаточные напряжения в отливках.   | 1  | 2  | 2  | 5,15   | Изучение научно-технической литературы из основного списка, чтение конспекта лекций и методических указаний к лабораторной        | Защита лабораторной №4, АКР№4 | ПК-2.1 |
| 1.22 Горячие трещины и коробление отливок. Меры, предупреждающие образование трещин в отливках. Холодные трещины  | 1  |    | 3  | 10     | Изучение научно-технической литературы из основного списка, чтение конспекта лекций   | Устный опрос<br>Вопросы 66-73 | ПК-2.1 |
| Итого по разделу  | 71 | 53 | 17 | 102,45 |   |                               |        |
| Итого за семестр  | 17 | 17 | 17 | 35,15  |   | экзамен                       |        |
| Итого по дисциплине   | 71 | 53 | 17 | 102,45 |   | курсовая работа, экзамен      |        |

## 5 Образовательные технологии

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Теория литейных процессов» используются традиционная и модульно - компетентностная технологии.

Лекции проходят в традиционной форме, в форме лекций-консультаций и проблемных лекций. Теоретический материал на проблемных лекциях является результатом усвоения полученной информации посредством постановки проблемного вопроса и поиска путей его решения. На лекциях – консультациях изложение нового материала сопровождается постановкой вопросов и дискуссией в поисках ответов на эти вопросы.

При проведении лабораторных занятий используются работа в команде и обсуждение полученных результатов.

На практических занятиях выдается пример решения задания, затем выдаются индивидуальные работы, которые выполняются в аудитории, с консультации преподавателя.

Самостоятельная работа стимулирует студентов в процессе подготовки к лабораторным занятиям, при подготовке к контрольным работам и итоговой аттестации.

## 6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

## 7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

## 8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

### а) Основная литература:

1. Литейные процессы : учебное пособие / А. И. Батышев, В. Д. Белов, С. В. Лактионов [и др.] ; под общей редакцией В. Д. Белова. — Москва : МИСИС, 2019. — 290 с. — ISBN 5-907226-01-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/128988> (дата обращения: 12.01.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Вальтер, А. И. Основы литейного производства : учебник / А. И. Вальтер, А. А. Протопопов. — 2-е изд., испр. и доп. — Тула : ТулГУ, 2019. — 317 с. — ISBN 978-5-7679-4174-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/201245> (дата обращения: 12.01.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### б) Дополнительная литература:

1. Основы металлургического производства: учебник / В.А. Бигеев, К.Н. Вдовин, В.М. Колокольцев, В.М. Салганик. — Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 616 с. — ISBN 978-5-8114-2486-3. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система «Лань»: [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/90165> (дата обращения: 17.01.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### в) Методические указания:

1. Потапов М.Г., Колокольцев В.М. Жидкотекучесть и формозаполняемость. - Магнито-горск: ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова» 2020. – 14 с.

2. Потапов М.Г., Колокольцев В.М. Определение величины объемной и линейной усадки литейных сплавов. - Магнитогорск: ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова». 2020. – 14 с.

3. Потапов М.Г., Колокольцев В.М. Затвердевание и структура отливок. - Магнитогорск: ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова». 2020.–13 с.

4. Потапов М.Г., Колокольцев В.М. Напряжения в отливках.- Магнитогорск: ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», 2020.–10 с.

### г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

#### Программное обеспечение

| Наименование ПО | № договора          | Срок действия лицензии |
|-----------------|---------------------|------------------------|
| 7Zip            | свободно            | бессрочно              |
| FAR Manager     | свободно            | бессрочно              |
| MS Office 2007  | № 135 от 17.09.2007 | бессрочно              |

#### Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

| Название курса  | Ссылка  |
|---|---|
| Информационная система - Нормативные правовые акты, организационно-распорядительные документы, нормативные и методические документы и | <a href="https://fstec.ru/normotvorcheskaya/tekhnicheskaya-zashchita-informatsii">https://fstec.ru/normotvorcheskaya/tekhnicheskaya-zashchita-informatsii</a> |
| Международная база полнотекстовых журналов  | <a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a>   |
| Университетская информационная система  | <a href="https://uisrussia.msu.ru">https://uisrussia.msu.ru</a>   |

|  |   |
|--|---|
| Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И.                           | <a href="https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru">https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru</a> |
| Российская Государственная библиотека. Каталоги                        | <a href="https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/">https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/</a>                 |
| Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт | URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>  |
| Поисковая система Академия Google (Google Scholar)                     | URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>  |
| Информационная система - Единое окно доступа к                         | URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>  |
| Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс   | URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>                        |
| Электронная база периодических изданий East                            | <a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>   |

### 9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа оснащена:
  - техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийными средствами хранения, передачи и представления учебной информации;
  - специализированной мебелью.
2. Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий «Литейная лаборатория» оснащена лабораторным оборудованием:
 

Лабораторное оборудование:

  1. Плавильные печи.
  2. Термические печи.
  3. Лаборатория контроля качества формовочной смеси.
  4. Твердомеры.
  5. Приборы для испытания образцов на износостойкость.
  6. Микроскоп.
  7. Шлифовальные машины.
  8. Фрезерный станок с числовым программным обеспечением.
  9. Дробилки.
  10. Центробежная машина литья.
  11. Вакуумная литейная установка.
    - специализированной мебелью.
3. Учебная аудитория для проведения практических занятий оснащена:
  - техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийными средствами хранения, передачи и представления учебной информации;
  - специализированной мебелью.
4. Учебная аудитория для выполнения курсовых проектов (работ) оснащена:
  - компьютерной техникой с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;
  - специализированной мебелью.
5. Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации оснащена:
  - компьютерной техникой с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;
  - специализированной мебелью.

6. Помещение для самостоятельной работы оснащено:

- компьютерной техникой с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;
- специализированной мебелью.

7. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования оснащено:

- специализированной мебелью: стеллажами для хранения учебного оборудования;
- инструментами для ремонта учебного оборудования;
- шкафами для хранения учебно-методической документации и материалов.

## 6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Аудиторная самостоятельная работа студентов на лабораторных занятиях осуществляется под контролем преподавателя в виде выполнения программ лабораторных работ и практических заданий.

Внеаудиторная самостоятельная работа студентов осуществляется в виде чтения с проработкой материала, оформления лабораторных работ и подготовке к их защите, выполнения практических заданий и курсовой работы.

### Вопросы для проведения устного опроса обучающихся:

1. Для чего литейщикам необходимо знать скорость и время затвердевания отливок?
2. Как характеризуется кинетика затвердевания отливок?
3. Что такое коэффициент затвердевания, какова его размерность, от чего он зависит?
4. Почему методы изучения затвердевания делятся на прямые и косвенные?
5. Метод выливания жидкого остатка.
6. Метод термографии.
7. Метод зондирования.
8. Метод введения индикаторов.
9. Физическое и математическое моделирование процессов затвердевания.
10. Какие еще методы изучения затвердевания могли бы предложить Вы?
11. Какие структурные зоны могут быть в отливках из сплава, затвердевающего при постоянной температуре в металлической форме?
12. Какие структурные зоны могут быть в отливках из сплава, затвердевающего в интервале температур в песчано-глинистой форме?
13. Какие факторы и как влияют на формирование поверхностной корки отливки, что она из себя представляет?
14. Что такое «зона транскристаллизации» в отливке, что влияет на ее протяженность?
15. Как формируется кристаллическая структура центральной области отливки? Что влияет на ее протяженность?
16. Как формируется «конус осаждения»?
17. Используя кривую затвердевания, определите, как меняется скорость затвердевания отливок? Как это влияет на структурные зоны?
18. Что такое жидкотекучесть и формозаполняемость? Какие дефекты отливок связаны с этими свойствами расплавов? Что такое нулевая жидкотекучесть? Как определить различные виды жидкотекучести? Как изменяется практическая жидкотекучесть сплавов одной системы?
19. Как изменяется условно-истинная жидкотекучесть сплавов одной системы?
20. Как влияет теплосодержание и перегрев расплава на его жидкотекучесть?
21. Как влияет на жидкотекучесть расплава характер затвердевания? Как влияют теплофизические свойства расплава на жидкотекучесть?
22. Как связаны жидкотекучесть и вязкость расплава? Какие факторы влияют на жидкотекучесть?
23. Как влияют на формозаполняемость теплофизические свойства материала формы?
24. . Как влияют нагрев и облицовка металлических форм на их заполняемость?
25. Как влияют на формозаполняемость влажность и газотворная способность формовочных материалов?
26. . Как влияют поверхностные свойства расплава на формозаполняемость?
27. . Как влияет газопроницаемость формовочных материалов на формозаполняемость?

28. Какие свойства материала формы влияют на ее заполнение?
29. Как влияют скорость течения расплава и напор на формозаполняемость?
30. Как влияют на формозаполняемость местные сопротивления в
31. каналах литейной формы?
32. Как влияет место подвода на заполняемость тонких стенок?
33. Какие условия заливки влияют на формозаполняемость?
34. Какие пробы используют для определения жидкотекучести?
35. Какие пробы используют для определения формозаполняемости?
36. Что такое объемная усадка сплава, когда она происходит?
37. От чего зависит усадка в жидком и твердом состояниях?
38. От чего зависит величина усадки сплава при его затвердевании?
39. Что такое предусадочное расширение?
40. Как проявляется объемная усадка в отливках?
41. Как влияет интервал затвердевания сплава на распределение
42. садочных пустот?
43. Механизм образования усадочной раковины.
44. Механизм образования усадочных пор.
45. Факторы, влияющие на образование усадочных раковин.
46. Факторы, влияющие на образование усадочных пор.
47. Методика экспериментального определения объема усадочных
48. пустот.
49. Методика и расчет плотности гидростатическим взвешиванием.
50. Как линейная усадка сказывается на качестве отливок?
51. Что такое свободная линейная усадка? От каких факторов она зависит?
52. От чего зависит деформация формы?
53. Как влияет на линейную усадку отливок способ изготовления форм и состав формовочной смеси?
54. Чем объяснить неравномерность линейной усадки по длине отливок?
55. Что такое термическое расширение формы, как оно влияет на линейную усадку отливок?
56. В каких случаях линейная усадка больше свободной? Как определить линейную и литейную усадки с помощью образцов большой длины? В чем преимущества и недостатки этого способа?
57. Опишите принцип измерения свободной и затрудненной усадки на приборе А.А. Бочвара.
58. Опишите принцип измерения и результаты по проделанной работе.
59. Какие напряжения являются временными и остаточными?
60. Каким может быть характер напряженного состояния отливок?
61. Какие напряжения называют усадочными, что является их причиной?
62. Какие напряжения называют фазовыми, что является их причиной?
63. Какие фазовые превращения протекают в железоуглеродистых сплавах и к чему они приводят?
64. Какие напряжения называют термическими, что является их причиной?
65. Как возникают и развиваются термические напряжения по сечению отливки?
66. Какие напряжения развиваются в трехзвенной решетке?
67. Что такое литейные напряжения?
68. Какие дефекты связаны с механическими напряжениями?
69. Какие дефекты обусловлены термическими и фазовыми напряжениями?
70. Как влияют напряжения на эксплуатацию отливок?
71. Что такое релаксация напряжений?

72. Как снизить уровень механических напряжений?

73. Как снизить уровень термических напряжений?

***Аудиторные контрольные работы:***

***Аудиторная контрольная работа №1.***

***Вопросы к контрольной работе:***

1. Охарактеризуйте взаимосвязь жидкотекучести и температуры.
2. Классификация способов заливки форм.
3. Сущность процессов шлакозадержания и тонкой очистки сплавов в каналах литниковой системы.
4. Сущность процесса раскисления металлических расплавов и его виды.
5. Виды жидкотекучести и способы ее измерения.
6. Формозаполняемость, ее сущность, обеспечение заполнения тонкостенных отливок.
7. Сущность процесса рафинирования металлических расплавов. Способы рафинирования.
8. Сущность непрерывности потока при заполнении формы.
9. Сущность диффузии в жидких металлах и сплавах. Что она характеризует, то чего зависит, какое влияние оказывает на сплавы.
10. Охарактеризуйте конфигурации свободно-падающих струй.
11. Основные требования к литниковым системам.
12. Рафинирование сплавов от нерастворимых примесей.
13. Теплопроводность и теплоемкость металлов и сплавов.
14. В чем преимущества и недостатки диффузионного и осадочного раскисления.
15. Теплопроводность и теплота образования металлов и сплавов. Их роль в формировании жидкого состояния.
16. Сущность процессов удаления газов из жидких сплавов.
17. Классификация литейных сплавов.
18. Мероприятия по борьбе с неметаллическими включениями в отливках.
19. Сущность процессов плавления металлов и сплавов. В чем сходство и различие.
20. Основные типы литниковых систем.
21. Основные элементы литниковых систем и их назначение.
22. Теплота плавления и теплота сплавления сплавов их роль в приготовлении сплавов.

***Аудиторная контрольная работа №2.***

***Вопросы к контрольной работе:***

1. Основные требования к прибылям, их форма, места установки.
2. Микролегирование сплавов.
3. Сущность процесса модифицирования сплавов.
4. Что такое модификаторы и для чего они нужны в литейном производстве.
5. Что такое модифицирование ингибиторами.
6. что такое модифицирование инокуляторами.
7. В чем разница между микролегированием и модифицированием.
8. В чем разница между легированием и микролегированием.
9. Сущность поверхностного легирования сплавов и его варианты.
10. Сущность объемного легирования сплавов и его варианты.
11. Какими свойствами должны обладать модификаторы – инокуляторы и почему.
12. Что такое ремодификаторы и демодификаторы сплавов.
13. Как можно управлять структурой сплавов посредством модифицирования.
14. Чем отличаются друг от друга процессы рафинирования и модифицирования.
15. Классификация способов модифицирования сплавов.
16. Классификация способов легирования сплавов.
17. Способы рафинирования металлов и сплавов.

18. Что такое модифицирование поверхностноактивными элементами.
19. Сущность процесса диффузионного раскисления металлов и сплавов.
20. Сущность закона непрерывности потока жидкого сплава.
21. Сущность процесса раскисления металлов и сплавов.
22. Описать строение области затвердевания.
23. Механизм роста кристаллов. Влияние скорости охлаждения на рост и форму кристаллов.
24. Кристаллизация на примесях. Факторы определяющие ее.
25. Раскройте сущность понятия «переохлаждение» при кристаллизации и покажите его связь со скоростью охлаждения.
26. Раскройте сущность объемной и последовательной кристаллизации сплавов.
27. Виды местных сопротивлений и потерь напора в литниковых системах.
28. Охарактеризуйте основные факторы, влияющие на заполняемость форм.

*Аудиторная контрольная работа №3.*

*Вопросы к контрольной работе:*

1. Сущность гомогенного образования центров кристаллизации.
2. Сущность процесса кристаллизации на примесях.
3. Сущность термодинамической теории кристаллизации сплавов.
4. Причины образования V – образной, Л – образной и обратной зональной ликвации.
5. Охарактеризуйте связь дендритной ликвации с коэффициентом распределения элементов в основе сплава.
6. Влияние скорости охлаждения на форму кристаллов.
7. Гетерогенное зарождение центров кристаллизации.
8. Покажите сущность действия на процесс затвердевания отливки наружных и внутренних холодильников.
9. Охарактеризуйте основные схемы переохлаждения в центре отливки.
10. Влияние конфигурации отливки на скорость ее затвердевания.
11. Охарактеризовать строение области затвердевания.
12. основные характеристики макро- и микростроения отливки и их связь между собой.
13. Структурные зоны в отливке и причины их образования.
14. Гомогенное зарождение центров кристаллизации.
15. Механизм роста кристаллов.
16. Объясните причины дендритного роста кристаллов.
17. Что такое переохлаждение при кристаллизации и его связь со скоростью охлаждения.
18. Сущность кристаллизации на примесях.
19. Охарактеризуйте основные способы регулирования охлаждения отливки в форме.
20. Объемная и последовательная стадии кристаллизации отливки.

*Аудиторная контрольная работа №4.*

*Вопросы к контрольной работе:*

1. Виды напряжений в отливках, причины их появления, меры по снижению и устранению.
2. Газовые дефекты в отливках и пути их устранения.
3. Механизм образования рассеянной и зональной усадочной пористости.
4. Влияние формы отливки на развитие усадочных пустот.
5. Рассеянная усадочная и зональная пористость.
6. Влияние условий охлаждения на развитие усадочных пустот в отливках.
7. Объемная усадка сплавов. Виды брака по причине объемной усадки.
8. Сущность линейной и литейной усадки. В чем разница между ними.
9. Механизм образования усадочной раковины в отливке и пути ее устранения.
10. Влияние состава и технологических факторов на развитие внутренних напряжений в отливках.



11. Свободная и затрудненная усадкаливоков. Виды брака по вине усадки.
12. Сущность пригара на отливках, его разновидности, пути уменьшения и устранения.
13. Причины образования холодных трещин в отливках пути их устранения.
14. Линейная усадка сплавов. виды брака по причине линейной усадки.
15. Основные этапы объемной усадкиливоков и коэффициенты объемной усадки.
16. Сущность предусадочного расширения сплавов. Его влияние на усадку.
17. Связь объема усадочных пустот с диаграммой состояния сплава.
18. Этапы и процессы взаимодействия на границе контакта поверхностей отливки и формы.
19. Формирование газовой среды литейной формы.
20. Сущность процесса образования горячих трещин в отливках. Пути устранения горячих трещин.
21. Влияние состава расплава на развитие усадочных пустот в отливках.
22. Охарактеризуйте основные методы регулирования тепловых процессов в форме с целью получения отливоков с заданной структурой.
23. Температурные поля отливки и формы в процессе затвердевания.
24. Охарактеризуйте основные методы исследования затвердевания сплавов.
25. Влияние температуры заливки на развитие усадочных пустот в отливках.

### **Вопросы к экзамену (5 семестр)**

1. Литейные сплавы: общая характеристика, требования к ним, области применения, классификации
2. Плавление металлов и сплавов
3. Современные модели строения жидких металлов и сплавов
4. Свойства жидких металлов и сплавов
5. Тепловые свойства металлов
6. Литейные свойства сплавов и их классификация
7. Давление пара и испарения металлов и сплавов
8. Общие закономерности взаимодействия металлических расплавов с газами
9. Неметаллические включения в металлах и сплавах
10. Классификация способов заливки форм
11. Структура потоков жидких металлов и конфигурация свободно падающей струи
12. Закон непрерывности потоков металлов и сплавов
13. Расчет истечения металла из ковша
14. Расчет заполнения полости литейной формы
15. Шлакозадержание и тонкая очистка сплавов
16. Жидкотекучесть сплавов и методы её измерения
17. Зависимость жидкотекучести от температуры и ее связь с диаграммой состояния
18. Заполняемость форм и мероприятия по обеспечению заполнения тонкостенных отливоков
19. Термодинамическая теория кристаллизации
20. Гомогенное зарождение центров кристаллизации
21. Гетерогенное образование центров кристаллизации
22. Кристаллизация на примесях
23. Механизм роста кристаллов
24. Объемная и последовательная кристаллизация
25. Связь переохлаждения со скоростью охлаждения, перегревом, чистотой расплава
26. Взаимодействие расплавов с водородом
27. Взаимодействие расплавов с азотом
28. Взаимодействие расплавов с кислородом и раскисление их
29. Модифицирование сплавов
30. Переход металла из жидкого состояния в твердое
31. Строение области затвердевания

## Вопросы к экзамену (6 семестр)

1. Процесс формирования структурных зон в отливках
2. Температурные поля отливки и формы в процессе затвердевания
3. Влияние конфигурации отливки на скорость затвердевания
4. Регулирование тепловых процессов в форме
5. Применение холодильников и их работа
6. Дендритная ликвация в отливках и пути ее устранения
7. Зональная ликвация в отливках и пути ее устранения
8. Литниковые системы, их типы, конструкции, методы расчета
9. Физическая природа объемной усадки и коэффициенты усадки
10. Концентрированная усадочная раковина
11. Рассеянная усадочная пористость
12. Связь объема усадочных пустот с диаграммой состояния сплавов
13. Прибыли, их типы, места установки, расчет объема и размеров
14. Виды напряженного состояния отливок
15. Свободная и затрудненная усадка отливок
16. Механические свойства сплавов вблизи температур солидуса
17. Методы исследования линейной усадки и объемной усадки сплавов
18. Фазовые, термические, усадочные напряжения в отливках
19. Влияние состава сплава и технологических факторов на развитие внутренних напряжений в отливках
20. Связь горячеломкости с диаграммой состояния
21. Расчет образования горячих трещин
22. Холодные трещины в отливках
23. Газовая среда литейной формы
24. Газовые раковины экзогенного происхождения
25. Газовые раковины эндогенного происхождения
26. Условия образования ситовидной пористости
27. Процессы взаимодействия на границе контакта поверхностей отливки и формы
28. Механический пригар
29. Химический пригар
30. Термический пригар
31. Мероприятия по снижению и устранению пригара

Курсовая работа должна быть оформлена в соответствии с СМК-О-СМГТУ-42-20 «Курсовая (работа): структура, содержание, общие правила выполнения и оформления».

### *Примерный перечень тем для курсовой работы*

«Расчет литниково-питающей системы отливки» Наименование отливки по чертежу например "Шкив", «Букса», «Плита» и д.р..

Задание на курсовую работу выдает лектор. В задании представлен эскиз детали, марка сплава, масса отливки.

Курсовая работа состоит из пояснительной записки и графической части.

### *Содержание пояснительной записки*

Выбор и обоснование положения отливки при заливке.

Выбор и обоснование типа и конструкции литниково-питающей системы.

Расчет времени заполнения формы.

Расчет основных сечений и размеров литниково-питающей системы

## *Графическая часть*

Чертеж детали с элементами литниково-питающей системы, выполненный на формате А2.

В ходе реализации образовательного процесса также предполагается проведение лабораторных работ.

### **Перечень лабораторных работ:**

Затвердевание и структура отливок.

Жидкотекучесть и формозаполняемость.

Определение величины объемной и линейной усадки литейных сплавов.

Напряжения в отливках.

### ***Общие требования к оформлению отчета по лабораторным работам:***

После выполнения лабораторной работы отчет оформляется в соответствии с требованиями СТП организации.

Отчет составляется студентом в тетради по лабораторным работам

Лабораторная работа нумеруется и указывается ее тема.

Например: Лабораторная работа №1

### ***Затвердевание и структура отливок.***

Текст отчета делится на два раздела, которые обозначаются арабскими цифрами

Например: 1. Введение.

2. Выполнение работы.

4. Разделы, в свою очередь делятся на подразделы, которые тоже нумеруют арабскими цифрами в пределах раздела. Номер подраздела состоит из номера раздела и номера подраздела, разделенные точками.

Например: 1. Введение.

1.1. Методы изучения затвердевания и структуры отливок

1.1.1. Определение коэффициента затвердевания

1.1.2. Области затвердевания.

5. Раздел «Введение» составляется студентом при подготовке к лабораторной работе в соответствии с методическим указанием.

6. Записи в отчете должны быть аккуратными, четкими, без сокращения слов.

7. В тексте отчета не допускается применения математических знаков:  $\leq, \geq, \equiv, \neq, \approx, \rightarrow, \%$ , без числовых или буквенных обозначений.

8. Цифровой материал оформляется в виде таблиц, имеющих тематический заголовок.

9. Рисунок должен иметь номер и наименование, помещенные под ним.

10. При построении графика масштаб выбирают так, чтобы площадь графика приближалась к квадрату.

11. Точность обработки числового материала должна быть согласована с точностью измерений.

## 7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

| Структурный элемент компетенции  | Планируемые результаты обучения  | Оценочные средства  |
|--|--|---|
| ПК-2: Способен контролировать выполнение технологических процессов и принимать решения по устранению причин их нарушений |  |   |
| ПК-2.1   | Обладает теоретическими знаниями основ и практическими навыками производства литых изделий из различных материалов | <p>Теоретические вопросы для сдачи экзамена:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Литейные сплавы: общая характеристика, требования к ним, области применения, классификации</li> <li>2. Плавление металлов и сплавов</li> <li>3. Современные модели строения жидких металлов и сплавов</li> <li>4. Свойства жидких металлов и сплавов</li> <li>5. Тепловые свойства металлов</li> <li>6. Литейные свойства сплавов и их классификация</li> <li>7. Давление пара и испарения металлов и сплавов</li> <li>8. Общие закономерности взаимодействия металлических расплавов с газами</li> <li>9. Неметаллические включения в металлах и сплавах</li> <li>10. Классификация способов заливки форм</li> <li>11. Структура потоков жидких металлов и конфигурация свободно падающей струи</li> <li>12. Закон непрерывности потоков металлов и сплавов</li> <li>13. Расчет истечения металла из ковша</li> <li>14. Расчет заполнения полости литейной формы</li> <li>15. Шлакозадержание и тонкая очистка сплавов</li> </ol> |

|  |  |   |
|--|--|---|
|  |  | <p>16. Жидкотекучесть сплавов и методы её измерения</p> <p>17. Зависимость жидкотекучести от температуры и ее связь с диаграммой состояния</p> <p>18. Заполняемость форм и мероприятия по обеспечению заполнения тонкостенных отливок</p> <p>19. Термодинамическая теория кристаллизации</p> <p>20. Гомогенное зарождение центров кристаллизации</p> <p>21. Гетерогенное образование центров кристаллизации</p> <p>22. Кристаллизация на примесях</p> <p>23. Механизм роста кристаллов</p> <p>24. Объемная и последовательная кристаллизация</p> <p>25. Связь переохлаждения со скоростью охлаждения, перегревом, чистотой расплава</p> <p>26. Взаимодействие расплавов с водородом</p> <p>27. Взаимодействие расплавов с азотом</p> <p>28. Взаимодействие расплавов с кислородом и их раскисление</p> <p>29. Модифицирование сплавов</p> <p>. Переход металла из жидкого состояния в твердое</p> <p>. Строение области затвердевания</p> <p>. Процесс формирования структурных зон в отливках</p> <p>. Температурные поля отливки и формы в процессе затвердевания</p> <p>. Влияние конфигурации отливки на скорость затвердевания</p> <p>. Регулирование тепловых процессов в форме</p> |
|--|--|---|

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>. Применение холодильников и их работа</li> <li>. Дендритная ликвация в отливках и пути ее устранения</li> <li>. Зональная ликвация в отливках и пути ее устранения</li> <li>. Литниковые системы, их типы, конструкции, методы расчета</li> <li>. Физическая природа объемной усадки и коэффициенты усадки</li> <li>. Концентрированная усадочная раковина</li> <li>. Рассеянная усадочная пористость</li> <li>. Связь объема усадочных пустот с диаграммой состояния сплавов</li> <li>. Прибыли, их типы, места установки, расчет объема и размеров</li> <li>. Виды напряженного состояния отливок</li> <li>. Свободная и затрудненная усадка отливок</li> <li>. Механические свойства сплавов вблизи температур солидуса</li> <li>. Методы исследования линейной усадки и объемной усадки сплавов</li> <li>. Фазовые, термические, усадочные напряжения в отливках</li> <li>. Влияние состава сплава и технологических факторов на развитие внутренних напряжений в отливках</li> <li>. Связь горячеломкости с диаграммой состояния</li> <li>. Расчет образования горячих трещин</li> <li>. Холодные трещины в отливках</li> <li>. Газовая среда литейной формы</li> <li>. Газовые раковины экзогенного происхождения</li> <li>. Газовые раковины</li> </ul> |
|--|--|--|

|  |  |   |
|--|--|---|
|  |  | <p>эндогенного происхождения</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>. Условия образования ситовидной пористости</li> <li>. Процессы взаимодействия на границе контакта поверхностей отливки и формы</li> <li>. Механический пригар</li> <li>. Химический пригар</li> <li>. Термический пригар</li> <li>. Мероприятия по снижению и устранению пригара</li> </ul> <p>Примерный перечень практических заданий на экзамен.</p> <p>1. Рассчитать продолжительность заполнения цилиндрической полости литейной формы при заливке ее металлом снизу (сифоном).<br/> Гидростатический напор металла <math>H=35\text{ см}</math>;<br/> коэффициент расхода <math>\mu=0,5</math>; площадь сечения питателя <math>f=2,0\text{ см}^2</math>;<br/> плотность жидкого металла <math>\gamma=6,8\text{ г/см}^3</math></p> <p>2. Рассчитать продолжительность заполнения цилиндрической полости литейной формы при заливке ее металлом сверху.<br/> Гидростатический напор металла <math>H=10\text{ см}</math>;<br/> коэффициент расхода <math>\mu=0,5</math>; площадь сечения питателя <math>f=2,0\text{ см}^2</math>;<br/> плотность жидкого металла <math>\gamma=6,8\text{ г/см}^3</math>.</p> <p>3. Выбрать диаметр и рассчитать высоту открытой прибыли для цилиндрической отливки из малоуглеродистой стали, заливаемой вертикально (по методике Гуляева Б.Б.).<br/> Коэффициент объемной</p> |
|--|--|---|

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  | <p>усадки стали <math>\alpha=0,035</math>;<br/> плотность жидкого металла <math>\gamma=7,8 \text{ г/см}^3</math>; коэффициент запаса прибыли <math>\sigma=0,75</math>.</p> <p>4. Рассчитать глубину области усадочной раковины в цилиндрической отливке из углеродистой стали, заливаемой вертикально (по методике Гуляева Б. Б.). Коэффициент объемной усадки стали <math>\alpha=0,035</math>;<br/> плотность жидкого металла <math>\gamma=7,8 \text{ г/см}^3</math>.</p> <p>5. Определить продолжительность затвердевания плоской стальной отливки в песчаной форме, используя закон квадратного корня. Значение коэффициента затвердевания <math>k=0,13 \text{ см/с}^{1/2}</math>.</p> <p>6. Рассчитать необходимое количество феррохрома марки ФХ001 для получения необходимого содержания хрома в сплаве ИЧХ28Н2 при условии использования возврата в количестве 40 % и выплавке в дуговой печи с кислой футеровкой.</p> <p>7. Рассчитать необходимое количество ферромарганца марки ФМн90 для получения необходимого содержания марганца в сплаве 110Г13Л при условии использования возврата в количестве 45 % и выплавке в дуговой печи с кислой футеровкой.</p> <p>Примерный перечень тем для курсовой работы:</p> <p>Расчет ЛПС для отливки «наименование отливки шкив, планка, подшипник и др.», вес отливки и материал.</p> |
|--|--|--|



|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  |  |
|--|--|--|

**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Промежуточная аттестация по дисциплине включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме *экзамена*.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.

**Показатели и критерии оценивания экзамена:**

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

**Показатели и критерии оценивания курсовой работы:**

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает высокий уровень знаний не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам, оценки и вынесения критических суждений;

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам;

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, интеллектуальные навыки решения простых задач;

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – работа выполнена частично, в процессе защиты работы обучающийся допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – работа выполнена частично, обучающийся не может воспроизвести и объяснить содержание, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.