



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ВЫПЛАВКА СТАЛИ И ФЕРРОСПЛАВОВ В ЭЛЕКТРОПЕЧАХ***

Направление подготовки (специальность)  
22.03.02 Metallurgy

Направленность (профиль/специализация) программы  
Управление металлургическими предприятиями и технологическими процессами

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения  
очная

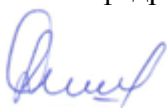
Институт/ факультет	Институт металлургии, машиностроения и материалообработки
Кафедра	Металлургии и химических технологий
Курс	3
Семестр	5

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)

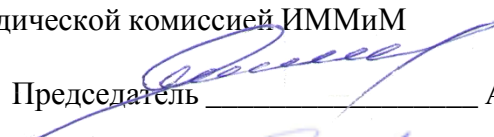
Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Metallurgy и химических технологий

08.02.2023, протокол № 5


Зав. кафедрой  А.С. Харченко

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ

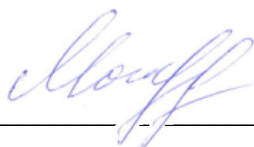
09.02.2023 г. протокол № 5

Председатель  А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:

Доцент кафедры МиХТ, канд. техн. наук  М.В. Потапова

Рецензент:

доцент кафедры ЛПиМ, канд. техн. наук  О.С. Молочкова

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Металлургии и химических технологий

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.С. Харченко

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Металлургии и химических технологий

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.С. Харченко

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Металлургии и химических технологий

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.С. Харченко

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Металлургии и химических технологий

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.С. Харченко

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

Цель освоения дисциплины заключается в создании базы профессиональной подготовки обучающихся для производственной и научной деятельности по эксплуатации и повышению эффективности существующих, а также разработке новых технологических процессов для формирования профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС по направлению 22.03.02 «Металлургия». Углубить знания студентов по теоретическим основам производства черных металлов и научить использовать их в профессиональной деятельности.

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

Дисциплина Выплавка стали и ферросплавов в электропечах входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

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

Основы металлургического производства

Введение в направление

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

Управление технологическими процессами производства чугуна в доменных печах

Производственная - технологическая (проектно-технологическая) практика

Моделирование процессов и объектов в металлургии

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Выплавка стали и ферросплавов в электропечах» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-1	Способен выполнять технологические операции по получению металлургической продукции, ее дальнейшей обработке
ПК-1.1	Осуществляет технологические операции по получению металлургической продукции, ее дальнейшей обработке

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 57,2 акад. часов;
- аудиторная – 54 акад. часов;
- внеаудиторная – 3,2 акад. часов;
- самостоятельная работа – 15,1 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. час

Форма аттестации - 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. Содержание курса								
1.1 Введение. Теоретические основы сталеплавильных процессов. Сущность, цели и задачи плавки стали	5	2		4	1,5	Изучение теоретического лекционного материала и интернет источников	Входной контроль	ПК-1.1
1.2 Шлакообразование, свойства шлаков и основы шлакового режима плавки. Образование и значение шлаков в процессах плавки стали. Общие принципы установления оптимального шлакового режима плавки		2		4	8	Изучение теоретического лекционного материала и интернет источников	Устный опрос (собеседование) Контрольная работа № 1	ПК-1.1
1.3 Значение и поведение важнейших примесей металла в сталеплавильных процессах. Углерод. Кремний. Марганец. Легирующие элементы		2		2	0,6	Изучение теоретического лекционного материала и интернет источников	Устный опрос (собеседование)	ПК-1.1
1.4 Раскисление-легирование и дегазация стали. Неметаллические включения в стали. Водород и азот стали		4		2	0,1	Изучение теоретического лекционного материала и интернет источников	Устный опрос (собеседование)	ПК-1.1
1.5 Технология плавки стали. Сырье (шихтовые) материалы.		4		4	4,9	Изучение теоретического лекционного материала и интернет-источников	Устный опрос (собеседование) Контрольная работа № 2	ПК-1.1

1.6 Технология выплавки стали в электродуговых печах.		2		10		Изучение теоретического лекционного материалов и интернет источников	Устный опрос (собеседование)	ПК-1.1
1.7 Общая характеристика электросталеплавильного производства. Устройства дуговой сталеплавильной печи.		2		10		Изучение теоретического лекционного материала и интернет источников	Устный опрос (собеседование)	ПК-1.1
Итого по разделу		18		36	15,1			
Итого за семестр		18		36	15,1		экзамен	
Итого по дисциплине		18		36	15,1		экзамен	

## **5 Образовательные технологии**

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Электрометаллургия стали и сплавов» используются как традиционная и модульно-компетентностная технологии, так и технология проблемного и интерактивного обучения.

Лекции проходят как форме информационных лекций, так и в форме лекций-консультаций, где теоретический материал заранее выдается обучающимся для самостоятельного изучения, для подготовки вопросов лектору, таким образом, лекция проходит по типу вопросы-ответы-дискуссия. Иногда лекции проходят в виде проблемной лекции с освещением различных научных подходов к поставленной проблеме.

На занятиях целесообразно использовать технологию коллективного взаимообучения, совмещая ее с технологией проблемного обучения. При этом необходимо повышать познавательную активность студентов, организуя самостоятельную работу как исследовательскую творческую деятельность.

Следует использовать комплекс инновационных методов активного обучения, включающий в себя:

- создание проблемных ситуаций с показательным решением проблемы преподавателем и без него;
- самостоятельную поисковую деятельность в решении проблем, направляемую преподавателем;
- самостоятельное решение проблем обучающимися под контролем преподавателя.

Реализация инновационных методов обучения возможна с использованием следующих приемов:

- раскрытие преподавателем причин и характера неудач, встречающихся при решении проблем;
- демонстрация разных подходов к решению конкретной проблемы;
- анализ полученных результатов и отыскание границ их применимости и др.

При проведении заключительного контроля необходимо выявить степень правильности, объема, глубины знаний, умений, навыков, полученных при изучении курса наряду с выявлением степени самостоятельности в применении полученных знаний.

К интерактивным методам, используемым при изучении дисциплины «Электрометаллургия стали и сплавов», относятся использование проблемных методов изложения материала с применением эвристических приемов (создание проблемных ситуаций и др.), а также создание электронных продуктов (презентаций).

## **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. Расчет параметров плавки стали в современной дуговой печи : учебное пособие / В. А. Бигеев, М. В. Потапова, А. В. Пантелеев и др. ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2015. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1555.pdf&show=dcatalogues/1/1124790/1555.pdf&view=true> (дата обращения: 04.10.2019). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения

доступны также на CD-ROM.

**б) Дополнительная литература:**

1. Электрометаллургия стали и ферросплавов. Раздел: Расчеты по технологии электроплавки : учебное пособие / В.А. Григорян, А.Я. Стомахин, О.И. Островский, Г.И. Котельников ; под редакцией В.А. Григоряна. — 2-е изд., доп. — Москва : МИСИС, 2001. — 38 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/116967>

2. Симонян, Л.М. Технологические и экологические аспекты электрометаллургии. Оценка использованием ЭВМ выбросов технологических газов в атмосферу при выплавке стали. Лабораторный практикум : учебное пособие / Л.М. Симонян, А.Е. Семин, А.Н. Потапочкин. — Москва : МИСИС, 2006. — 94 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/1876>

3. Безбородов, Ю. Н. Маркировка сталей и сплавов: Учебное пособие / Безбородов Ю.Н., Галиахметов Р.Н., Чалкин И.А. - Краснояр.:СФУ, 2016. - 130 с.: ISBN 978-5-7638-3406-2. - Текст : электронный. - URL: <https://new.znaniium.com/catalog/product/967378>

**в) Методические указания:**

1. Бигеев В.А., Пантелеев А.В. Расчет выплавки ферротитана: Метод.указания по выполнению расчетной работы студентами спец.150101 по дисциплине «Электрометаллургия стали и ферросплавов». Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2008. 26с.

2. Бигеев В.А., Пантелеев А.В. Потапова М.В. Расчет выплавки ферроникеля: Ме-тод.указания по выполнению курсовой работы студентами спец.150101 по дисциплине «Электрометаллургия стали и ферросплавов». Магнитогорск: ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2011. 26с.

3. Бигеев В.А., Пантелеев А.В. Расчет выплавки ферросилиция: Метод.указания по выполнению курсовой работы студентами спец.150101 по дисциплине «Электрометаллургия стали и ферросплавов». Магнитогорск: ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2011. 32с.

4. Бигеев В.А., Пантелеев А.В. Расчет выплавки ферромарганца: Метод.указания по выполнению курсовой работы студентами спец.150101 по дисциплине «Электрометаллургия стали и ферросплавов». Магнитогорск: ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2011. 18с.

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

**Программное обеспечение**

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

**Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	<a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>



Национальная информационно-аналитическая система – Российский	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</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>
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>
Российская Государственная библиотека. Каталоги	<a href="https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/">https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/</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>
Международная база полнотекстовых журналов	<a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a>
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий	<a href="https://www.nature.com/siteindex">https://www.nature.com/siteindex</a>
Архив научных журналов «Национальный электронно-информационный	<a href="https://archive.neicon.ru/xmlui/">https://archive.neicon.ru/xmlui/</a>
Информационная система - Нормативные правовые акты, организационно-распорядительные документы, нормативные и методические	<a href="https://fstec.ru/normotvorcheskaya/tekhnicheskaya-zashchita-informatsii">https://fstec.ru/normotvorcheskaya/tekhnicheskaya-zashchita-informatsii</a>
Информационная система - Банк данных угроз	<a href="https://bdu.fstec.ru/">https://bdu.fstec.ru/</a>

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

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

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 практических занятий оснащена:
  - техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийными средствами хранения, передачи и представления учебной информации;
  - специализированной мебелью.
3. 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.
4. 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.
5. 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.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Аудиторная самостоятельная работа обучающихся осуществляется на практических занятиях в виде выполнения упражнений и решения задач, в которых сочетаются элементы теории и практики сталеплавильных процессов, по заданию и под контролем преподавателя.

Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся осуществляется в виде изучения учебной литературы по разделам дисциплины.

Вопросы и задания для практических занятий и проведения самостоятельной работы по дисциплине **«Выплавка стали и ферросплавов в электропечах»** опубликованы в следующем учебно-методическом обеспечении: Колесников Ю.А., Буданов Б.А., Столяров А.М. *Металлургические технологии в высокопроизводительном конвертерном цехе: учеб. пособие под ред. В.А. Бигеева.* - Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2018. – 379 с.

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:

#### Примерные вопросы для промежуточного зачета

1. Структура производства черных металлов и задачи сталеплавильного производства.
2. Устройство современного конвертера.
3. Порядок ввода неметаллических материалов в конвертер.
4. Конвертерный газ: состав, температура, запыленность, организация его отвода и очистки.
5. Характер окисления кремния и марганца в кислородном конвертере.
6. Шлаковый режим классической технологии кислородно- конвертерной плавки.
7. Поведение фосфора во время продувки в кислородном конвертере.
8. Дутьевой режим классической технологии кислородно- конвертерной плавки.
9. Возможности проведения десульфурации металла в кислородном конвертере.
10. Изменение средней температуры металла по ходу продувки. Охлаждающее воздействие присадок.
11. Структура конвертерной ванны в период максимальных скоростей окисления углерода.

#### Примерные вопросы для подготовки к устному опросу

1. Свойства металлургических расплавов: чугуна, стали и шлаков.
2. Температурный режим в кислородном конвертере.
3. Этап заливки чугуна в КК.
4. Продувка как основная технологическая операция в КК.
5. «Повалка» конвертера.
6. Основные параметры кислородного дутья: чистота, давление, интенсивность продувки, скорость истечения, плотность.
7. Особенности применения цилиндрических и конических сопел для подачи дутья в конвертер.
8. Структура реакционной зоны при продувке металла сверху.
9. Комбинированная продувка конвертерной ванны: назначение и реагенты.
10. Структура реакционной зоны при продувке металла снизу.
11. Общая характеристика сопла Лавалья и принцип его работы.

12. Структура конвертерной ванны после заливки жидкого чугуна.

### **Примерные задания для выполнения контрольной работы**

#### Контрольная работа № 1.

- Классическая технология выплавки стали в конвертерах.
- Требования у шихтовым материалам конвертерной плавки.

Задача 1. Определить расход технически чистого кислорода на продувку металлошихты, состоящей из 100 т лома и 300 т жидкого чугуна, имеющего химический состав близкий к средним значениям состава чугунов ПАО «ММК», при выплавке в конвертере автокузовной стали типа 08Ю.

Задача 2. Сколько извести, содержащей 90 % CaO, можно получить из 500 т известняка, если в нем содержится 95 % CaCO<sub>3</sub> ?

#### Контрольная работа № 2.

- Основные реакции окислительного рафинирования.
- Материальный и тепловой балансы конвертерной плавки.
- Характеристика основных статей балансов.
- Состав чугуна, лома, средний состав металлошихты.

Задача 1. Определить состав намертво обожженного доломита Саткинского месторождения, содержащего 30,66 % CaO; 21,73 % MgO; 0,2 % SiO<sub>2</sub>; 0,25 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 0,43 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 0,01 % Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub>; 46,72 % п.п.п. (потери при прокаливании).

Задача 2. Сколько извести, содержащей 85 % CaO, можно получить из 1000 т известняка Агаповского месторождения ? Известняк Агаповского месторождения содержит 52,77 % CaO; 3,2 % MgO; 0,8 % SiO<sub>2</sub>; 0,1 % S и 43,13 % п.п.п. (потери при прокаливании).

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-1 Способен выполнять технологические операции по получению металлургической продукции, ее дальнейшей обработке		
ПК-1.1	Осуществляет технологические операции по получению металлургической продукции, ее дальнейшей обработке	<p><i>Перечень теоретических вопросов к зачету с оценкой:</i></p> <p>Современное состояние конвертерного производства стали.</p> <p>Основные элементы конструкции кислородного конвертера.</p> <p>Общая характеристика рабочего пространства конвертера.</p> <p>Особенности футеровки рабочего пространства конвертеров.</p> <p>Виды работ по восстановлению рабочего слоя футеровки.</p> <p>Продолжительность кампании работы конвертеров и факторы ее определяющие.</p> <p>Классификация современных способов плавки стали в конвертерах.</p> <p>Виды газов окислителей для продувки металла в конвертерах и способы ввода их в конвертерную ванну.</p> <p>Закономерности движения газа по каналам переменного сечения.</p> <p>Основные параметры кислородного дутья: чистота, давление, интенсивность продувки, скорость истечения, плотность.</p> <p>Особенности применения цилиндрических и конических сопел для подачи дутья в конвертер.</p> <p>Структура реакционной зоны при продувке металла сверху.</p> <p>Комбинированная продувка конвертерной ванны: назначение и реагенты.</p> <p>Структура реакционной зоны при продувке металла снизу.</p> <p>Общая характеристика сопла Лаваля и принцип его работы.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>Структура конвертерной ванны после заливки жидкого чугуна. Выход жидкого металла в кислородном конвертере и определяющие его факторы.</p>

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

Промежуточная аттестация по дисциплине «**Выплавка стали в конвертерах**» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме зачета с оценкой.

Зачет и экзамен по данной дисциплине проводится в виде собеседования в рамках теоретических вопросов, выносимых на зачет и/или решения практических заданий.

*Показатели и критерии оценивания зачета:*

– на оценку «**зачтено**» должен показать высокий уровень знаний не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач. Обучающийся демонстрирует системные теоретические знания, владеет терминологией, делает аргументированные выводы и обобщения, приводит примеры. Обучающийся умеет действовать в нестандартных ситуациях; владеет способами защиты объектов интеллектуальной собственности и коммерциализации прав на объекты интеллектуальной собственности.

– оценку «**не зачтено**» получает, если не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не владеет терминологией, не может показать навыки решения простых задач. Обучающийся демонстрирует незнание теоретических основ предмета, не умеет делать аргументированные выводы и приводить примеры.

*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

