

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ:
Первый проректор

А.А. Каракозов
(подпись)
« 31 » 03 2023 года



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.33 Производство стали и ферросплавов

(код и наименование дисциплины согласно учебному плану)

Направление
подготовки:

22.03.02 Металлургия

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность
(профиль):

Металлургия чугуна, Электromеталлургия стали,
Металлургия цветных металлов, Обработка металлов
давлением, Промышленная теплотехника

(наименование профиля / магистерской программы / специализации)

Программа:

бакалавриат

(бакалавриат, магистратура, специалитет)

Форма обучения:

очная, заочная

(очная, заочная, очно-заочная)

Форма обучения	Очная	Заочная
Семестр(ы)	5	6
Общая трудоёмкость в з.е./часах	5,0/180	5,0/180
Контактная работа (час.), в том числе:	89	16
лекции	51	6
лабораторные работы	—	—
практические (семинарские) занятия	34	4
Самостоятельная работа (час.), в том числе:	37	128
курсовой проект (работа) (семестр/час.)	—	—
Контроль (экзамен, час./зачёт)	экзамен, 54	экзамен, 36

Донецк, 2023 г.

Рабочая программа дисциплины «Производство стали и ферросплавов» составлена в соответствии с учебными планами по направлению подготовки 22.03.02 «Металлургия», направленность (профиль): «Металлургия чугуна», «Электрометаллургия стали», «Металлургия цветных металлов», «Обработка металлов давлением», «Промышленная теплотехника») для 2023 года приёма по очной и заочной формам обучения.

Составитель:


старший преподаватель кафедры
«Электрометаллургия»  Ратиев С.Н.
(подпись)

Рабочая программа рассмотрена и принята на заседании кафедры «Электрометаллургия».

Протокол от 02.03.2023 года №8

И.о. заведующего кафедрой  В.И. Заика
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой «Руднотермические процессы и малоотходные технологии»

Заведующий кафедрой  В.В. Кочура
(подпись) (Ф.И.О.)


Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой «Цветная металлургия и конструкционные материалы»

Заведующий кафедрой  С.Ю. Пасечник
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой «Обработка металлов давлением»

Заведующий кафедрой  С.А. Снитко
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой «Техническая теплофизика»

/ Заведующий кафедрой  А.Б. Бирюков
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа одобрена учебно-методической комиссией ГОУВПО «ДОННТУ» по направлению подготовки 22.03.02 «Металлургия»

Протокол от 29 марта 2023 года №2

Председатель  Снитко С.А.
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа продлена для 20__ года приёма на заседании кафедры «Электрометаллургия»

Протокол от «_____» _____ 20__ года № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **согласована с выпускающей кафедрой** «Руднотермические процессы и малоотходные технологии»

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **согласована с выпускающей кафедрой** «Электрометаллургия»

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **согласована с выпускающей кафедрой** «Цветная металлургия и конструкционные материалы»

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **согласована с выпускающей кафедрой** «Обработка металлов давлением»

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **согласована с выпускающей кафедрой** «Техническая теплофизика»

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (Ф.И.О.)

1 ОБЪЕКТ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина рассматривает вопросы производства стали и ферросплавов в различных металлургических агрегатах.

Цель дисциплины – обучение студентов основам теории и практики производства стали в кислородном конвертере, дуговой сталеплавильной печи и в агрегатах специальной электрометаллургии, а также основам производства ферросплавов в электрических печах и внепечным способом.

В результате освоения дисциплины студент должен:

знать оборудование и конструкцию агрегатов сталеплавильного и ферросплавного производств; назначение, конструкцию и принцип действия установок специальной электрометаллургии; основные физико-химические реакции производства стали и ферросплавов; основы технологии выплавки стали в кислородном конвертере и дуговой сталеплавильной печи; основы технологий производства ферросплавов.

уметь обосновать технологические этапы выплавки стали; выбрать тип агрегата в зависимости от заданных условий; рассчитать шихту для выплавки стали способом сплавления; рассчитать состав шихты металлотермической плавки и провести её; обосновать выбор восстановителя для выплавки заданного ферросплава; оценить возможность получения ферросплава.

владеть: способами выбора оптимальных путей для решения поставленной цели; навыками решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе современных информационных технологий; навыками проведения расчетов закономерности фазовых равновесий и кинетики превращений в многокомпонентных системах; информацией о возможных направлениях модернизации техники и оборудования.

Перечисленные результаты обучения являются основой для формирования следующих компетенций: **УК-2.** Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений; **ОПК-6.** Способен принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии.

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ

Дисциплина относится к обязательной части Блока 1 дисциплин (модулей) учебного плана.

Базируется на знаниях и умениях, которые студент приобрел при освоении предшествующих дисциплин: «Теплотехника»; «Физическая химия»; «Электротехника и электроника».

Знания и умения, приобретенные при освоении данной дисциплины, реализуются студентом при прохождении учебной практики: научно-исследовательской работы, производственной практики: преддипломной, подготовке к процедуре защиты и защите выпускной квалификационной работы.

3 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Распределение учебных часов по темам дисциплины и видам занятий

№ темы	Наименование темы (содержательных модулей)	Количество часов (очная / заочная форма)				
		Всего	В том числе			
			Лекции	Лабор.	Практ.	СР
1	Структура сталеплавильного производства.	2/6	1/0			1/6
2	Конструкция и устройство кислородного конвертера.	3/7	2/1			1/6
3	Конструкция и устройство дуговой печи.	3/7	2/1			1/6
4	Общие сведения о металлических расплавах.	3/6	2/0			1/6
5	Основы теории производства стали.	22/8	4/0		17/2	1/6
6	Основы технологии производства стали в дуговой печи.	8/8	6/2			2/6
7	Основы технологии производства стали в кислородном конвертере.	4/6	2/0			2/6
8	Внепечная обработка стали.	6/6	4/0			2/6
9	Разливка стали.	6/6	4/0			2/6
10	Установки специального назначения.	8/8	1/2		5/0	2/6
11	Электрошлаковые печи.	10/6	4/0		4/0	2/6
12	Вакуумно-дуговые печи.	4/6	2/0			2/6
13	Плазменно-дуговые печи.	4/6	2/0			2/6
14	Индукционные и вакуумно-индукционные печи.	9/6	3/0		4/0	2/6
15	Электроннолучевые печи.	4/6	2/0			2/6
16	Конструкция и устройство ферросплавных печей.	4/6	2/0			2/6
17	Теоретические основы производства ферросплавов.	7/8	1/0		4/2	2/6
18	Технология производства ферросплавов.	3/6	1/0			2/6
19	Производство ферросилиция.	4/6	2/0			2/6
20	Производство ферромарганца.	4/7	2/0			2/7
21	Производство феррохрома.	4/7	2/0			2/7
Контактная работа (дополнительная)		4/6				
Курсовой проект						
Контроль		54/36				
ИТОГО		180/180	51/6		34/4	37/128

Формирование компетенций в результате освоения тем дисциплины

Компетенции	Темы дисциплины, нацеленные на формирование компетенции
УК-2	Темы 5-21
ОПК-6	Темы 1-21

3.2 Лекции

Тема 1. Структура сталеплавильного производства.

Содержание темы:

Появление и развитие сталеплавильного производства. Сырьё и продукция сталеплавильного производства. Структура сталеплавильного производства интегрированных заводов. Структура сталеплавильного производства минизаводов. Совмещённые технологии сталеплавильного производства. Производство стали и сплавов методами специальной электрометаллургии.

Литература к теме: [1].

Тема 2. Конструкция и устройство кислородного конвертера.

Содержание темы:

Способы продувки металла кислородом. Общее устройство кислородного конвертера с верхней продувкой. Геометрия рабочего пространства. Футеровка. Опорное кольцо и опорные узлы. Кислородная фурма. Газоотводящий тракт. Особенности конструкции кислородных конвертеров с донной и комбинированной продувкой.

Литература к теме: [1].

Тема 3. Конструкция и устройство дуговой печи.

Содержание темы:

Развитие технологии и конструкции дуговых печей. Классификация дуговых печей. Геометрия рабочего пространства. Теплообмен в рабочем пространстве. Элементы конструкции. Системы улавливания и отвода печных газов. Дуговые сталеплавильные печи постоянного тока. Двухванные агрегаты.

Литература к теме: [1].

Тема 4. Общие сведения о металлических расплавах.

Содержание темы:

Экспериментальные исследования структуры металлических расплавов. Модельные представления о структуре металлических расплавов. Квазигазовые модели. Квазикристаллические модели. Изменение структуры металлических расплавов при перегреве и охлаждении.

Литература к теме: [1].

Тема 5. Основы теории производства стали.

Содержание темы:

Механизм окислительных процессов. Окисление углерода. Окисление кремния. Окисление марганца. Рафинирование металла шлаком. Дефосфорация стали. Десульфурация стали.

Литература к теме: [4, 1].

Тема 6. Основы технологии производства стали в дуговой печи.

Содержание темы:

Технологический цикл плавки стали в дуговых сталеплавильных печах. Плавка на свежей шихте. Переплав легированных отходов. Интенсификация плавления лома в дуговых печах. Продувка порошками в дуговых печах.

Литература к теме: [1].

Тема 7. Основы технологии производства стали в кислородном конвертере.

Содержание темы:

Технология кислородно-конвертерной плавки. Дутьевой режим плавки. Закономерности окислительного рафинирования и шлакообразования. Материальный и тепловой балансы конвертерной плавки. Конвертерные процессы с донной продувкой кислородом. Конвертерные процессы с комбинированной продувкой. Особенности технологии окислительных процессов в конвертерах

Литература к теме: [4, 1].

Тема 8. Внепечная обработка стали.

Содержание темы:

Внепечная обработка стали. Агрегаты и оборудование для внепечной обработки стали. Сталеразливочный ковш. Агрегаты доводки стали. Агрегат «ковш-печь». Циркуляционный вакууматор РН. Камерный вакууматор. Обработка расплава в промежуточном ковше МНЛЗ. Микролегирование и модифицирование в кристаллизаторе МНЛЗ и в изложнице.

Литература к теме: [1].

Тема 9. Разливка стали.

Содержание темы:

Разливка стали в изложницы. Строение и структура слитка спокойной стали. Усадка и усадочные дефекты слитка спокойной стали. Структурные зоны слитка спокойной стали. Способы воздействия на формирование структуры слитка спокойной стали. Ликвационные процессы и зоны сегрегации слитка спокойной стали. Строение слитка кипящей стали. Непрерывная разливка стали.

Литература к теме: [1].

Тема 10. Установки специального назначения.

Содержание темы:

Сравнение переплавных процессов. Испарение летучих примесей и основных компонентов сплава при плавке в вакууме. Термодинамика испарения металлов. Давление паров металлов над сплавами. Скорость испарения металлов в вакууме. Удаление растворенных газов (водорода и азота) в вакууме. Удаление не-

металлических включений при рафинирующих переплавах в вакууме. Всплывание включений и переход границы металл — газовая фаза. Термическая диссоциация неметаллических включений. Взаимодействие оксидов с углеродом, растворенным в жидкой стали.

Литература к теме: [2].

Тема 11. Электрошлаковые печи.

Содержание темы:

Флюсы для электрошлакового переплава. Основные физико-химические процессы при ЭШП. Окисление шлака и передача кислорода через шлак к жидкому металлу. Поведение некоторых легирующих элементов стали в процессе ЭШП. Удаление серы из металла при ЭШП. Влияние ЭШП на содержание газов. Поведение неметаллических включений при ЭШП. Технология электрошлакового переплава. Технология производства стали методом ЭШП.

Литература к теме: [2].

Тема 12. Вакуумно-дуговые печи.

Содержание темы:

Принцип действия и устройство установок вакуумно-дугового переплава. Особенности электрического дугового разряда в вакууме. Характеристики установок ВДП. Системы электропитания и вакуумирования установок ВДП. Технология процесса ВДП. Процесс кристаллизации металла и формирование слитка. Качество и сортамент металла ВДП.

Литература к теме: [2].

Тема 13. Плазменно-дуговые печи.

Содержание темы:

Общая характеристика плазменно-дугового нагрева. Особенности работы металлургических плазматронов. Плазменная плавка стали в печи с керамическим тиглем. Плазменно-дуговой переплав в кристаллизатор. Индукционно-плазменная печь.

Литература к теме: [5].

Тема 14. Индукционные и вакуумно-индукционные печи.

Содержание темы:

Конструкции индукционных печей. Устройство и принцип действия канальной индукционной печи. Устройство тигельной печи. Технология выплавки стали и сплавов в индукционной печи. Выбор футеровки. Загрузка шихты. Расплавление шихты. Ошлакование расплава. Процесс окисления. Процессы раскисления и рафинирования. Разливка стали. Техничко-экономические показатели работы тигельной печи.

Литература к теме: [2].

Тема 15. Электроннолучевые печи.

Содержание темы:

Нагрев и плавление металла электронным лучом. Устройство электронных плавильных установок. Установки ЭЛП с кольцевым катодом. Установки ЭЛП с радиальными пушками. Установка ЭЛП с аксиальными пушками. Установки ЭЛП с плоскочучевыми пушками. Конструкции установок ЭЛП. Технологические особенности ЭЛП. Металлургические особенности ЭЛП. Сортамент металлов, сталей и сплавов, подвергаемых ЭЛП.

Литература к теме: [2].

Тема 16. Конструкция и устройство ферросплавных печей.

Содержание темы:

Рудно-термические электрические печи. Ванна рудно-термической печи. Механизм вращения ванны рудно-термической печи. Свод рудно-термической печи. Обеспечение печей шихтой. Рафинировочные электрические печи. Конструкция самообжигающихся электродов. Электродная масса. Технология производства электродной массы. Процессы, происходящие при обжиге электродной массы.

Литература к теме: [3].

Тема 17. Теоретические основы производства ферросплавов.

Содержание темы:

Ведущие элементы ферросплавов. Общие требования к качеству ферросплавов. Классификация ферросплавных процессов по виду применяемых восстановителей. Классификация ферросплавных процессов по виду используемого агрегата. Классификация ферросплавных процессов по технологическим признакам.

Литература к теме: [3].

Тема 18. Технология производства ферросплавов.

Содержание темы:

Химическое сродство элементов к кислороду. Роль металлических растворов для получения ферросплавов. Шлаки ферросплавного производства.

Литература к теме: [3].

Тема 19. Производство ферросилиция.

Содержание темы:

Свойства кремния, углерода и их соединений. Теоретические основы восстановления кремния углеродом. Сортамент кристаллического кремния и качество шихтовых материалов. Технология выплавки кристаллического кремния. Технология производства карбида кремния.

Литература к теме: [3].

Тема 20. Производство ферромарганца.

Содержание темы:

Свойства марганца и его соединений. Минералы, руды и концентраты марганца. Дефосфорация марганцевых концентратов и марганецсодержащих продуктов. Технология сушки и окускования марганцевых концентратов. Технология

выплавки высокоуглеродистого ферромарганца. Технология выплавки ферросиликомарганца. Технология выплавки металлического марганца, низко- и среднеуглеродистого ферромарганца. Технология получения азотированного марганца и силикомарганца.

Литература к теме: [3].

Тема 21. Производство феррохрома.

Содержание темы:

Свойства хрома и его соединений. Минералы и руды хрома. Технология выплавки высокоуглеродистого феррохрома. Технология выплавки ферросиликохрома. Технология выплавки низкоуглеродистого феррохрома. Вакуумные процессы обезуглероживания и дегазации феррохрома. Кислородно-конвертерный и силикотермический способы выплавки среднеуглеродистого феррохрома. Алюминотермический способ получения хрома и феррохрома. Технология получения азотированного феррохрома.

Литература к теме: [3].

3.3 Практические (семинарские) занятия

№ п/п	Тема занятия	Объем, час. очн/заочн	Литература
1	Расчет шихты плавки способом сплавления компонентов.	3/0	[6]
2	Расчёт дефосфорации стали.	2/2	[6, 8]
3	Удаление водорода при обезуглероживании в плавильном агрегате.	2/0	[6]
4	Расчёт десульфурации металла на ковше-печи.	2/2	[6, 8]
5	Расчёт дегазации стали при продувке жидкого металла аргоном в ковше.	2/0	[6]
6	Построение кривых раскисления.	2/0	[6]
7	Расчёт минимальных концентраций водорода и азота при обработке раскисленного металла в вакууме.	2/0	[6]
8	Расчет концентрации кислорода, равновесной с углеродом, при заданном остаточном давлении.	2/0	[6]
9	Устройство электрических печей: ЭСП, ДСП, ИП, печи Таммана, нагревательных печей сопротивления.	5/0	[6]
10	Выплавка слитков в печи ЭСП.	4/0	[6]
11	Выплавка стали в индукционной печи	4/0	[6]
12	Получение ферросплавов алюминотермическим способом.	4/0	[6]
ИТОГО:		34/4	

3.4 Лабораторные работы

Учебным планом не предусмотрены.

3.5 Самостоятельная работа студента

№ п/п	Виды самостоятельной работы студента	Объем, час. очн/заочн
1	Изучение лекционного материала	27/80
2	Подготовка к практическим занятиям	10/30
3	Подготовка к лабораторным занятиям	0/0
4	Выполнение курсового проекта	0/0
5	Выполнение индивидуального задания	0/18
ИТОГО:		37/128

3.6 Курсовой проект (работа), индивидуальное задание

Учебным планом курсовое проектирование не предусмотрено.

Предусмотрено два индивидуальных занятия у студентов заочной формы обучения, связанные с расчетом процессов дефосфорации и десульфурации металла, выполняемые согласно [7, 8].

4 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

4.1 Критерии и шкалы для интегрированной оценки уровня сформированности компетенций

Составляющая компетенции – полнота знаний

- нулевой уровень: неверные, не аргументированные, с множеством грубых ошибок ответы на вопросы. Уровень знаний ниже минимальных требований;
- минимальный уровень: даны не полные, неточные и неаргументированные ответы на вопросы. Допущено много грубых ошибок. Уровень знаний ниже минимальных требований;
- пороговый уровень: даны недостаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Плохо знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено много негрубых ошибок;
- средний уровень: даны достаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. В целом знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;
- продвинутый уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;
- высокий уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько неточностей.

Составляющая компетенции – умения

- нулевой уровень: полное отсутствие понимания сути методики решения задачи, допущено множество грубейших ошибок / задания не выполнены вообще;

- минимальный уровень: слабое понимание сути методики решения задачи, допущены грубые ошибки. Решения не обоснованы. Не умеет использовать нормативно-техническую литературу;
- пороговый уровень: достаточное понимание сути методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую литературу. Слабо ориентируется в специальной научной литературе;
- средний уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу;
- продвинутый уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены неточности. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу;
- высокий уровень: понимает суть методики решения задачи. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, передовой производственный опыт.

Составляющая компетенции – владение навыками

- нулевой уровень: не демонстрирует владение навыками выполнения профессиональных задач. Не может выполнить задания;
- минимальный уровень: не демонстрирует владение навыками выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;
- пороговый уровень: владеет навыками выполнения профессиональных задач на пороговом уровне. Задания выполняет медленно и некачественно;
- средний уровень: владеет навыками выполнения профессиональных задач. Задания выполняет на среднем уровне по скорости и качеству;
- продвинутый уровень: владеет уверенными навыками выполнения профессиональных задач. Быстро и качественно выполняет задания, иногда допуская незначительные погрешности;
- высокий уровень: владеет уверенными навыками выполнения профессиональных задач. Быстро и качественно выполняет задания, при необходимости демонстрируя творческий подход.

Обобщенная оценка сформированности компетенций

- нулевой уровень: на нулевом уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;
- минимальный уровень: на минимальном уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;
- пороговый уровень: на пороговом уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;
- средний уровень: на среднем уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;
- продвинутый уровень: на продвинутом уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на высоком уровне;

- высокий уровень: на высоком уровне сформированы все составляющие компетенций.

4.2 Вопросы к экзамену и пример экзаменационного билета

Вопросы к экзамену:

1. Появление и развитие сталеплавильного производства.
2. Сырьё и продукция сталеплавильного производства.
3. Структура сталеплавильного производства интегрированных заводов.
4. Структура сталеплавильного производства минизаводов.
5. Совмещённые технологии сталеплавильного производства.
6. Производство стали и сплавов методами специальной электрометаллургии.
7. Способы продувки металла кислородом.
8. Общее устройство кислородного конвертера с верхней продувкой.
9. Геометрия рабочего пространства кислородного конвертера.
10. Футеровка кислородного конвертера.
11. Опорное кольцо и опорные узлы кислородного конвертера.
12. Кислородная фурма кислородного конвертера.
13. Газоотводящий тракт кислородного конвертера.
14. Особенности конструкции кислородных конвертеров с донной и комбинированной продувкой.
15. Развитие технологии и конструкции дуговых печей.
16. Классификация дуговых печей.
17. Геометрия рабочего пространства ДСП.
18. Теплообмен в рабочем пространстве ДСП.
19. Элементы конструкции ДСП.
20. Системы улавливания и отвода печных газов ДСП.
21. Дуговые сталеплавильные печи постоянного тока.
22. Двухванные сталеплавильные агрегаты.
23. Экспериментальные исследования структуры металлических расплавов.
24. Модельные представления о структуре металлических расплавов.
25. Квазигазовые модели металлических расплавов.
26. Квазикристаллические модели металлических расплавов.
27. Изменение структуры металлических расплавов при перегреве и охлаждении.
28. Механизм окислительных процессов: окисление углерода.
29. Механизм окислительных процессов: окисление кремния.
30. Механизм окислительных процессов: окисление марганца.
31. Рафинирование металла шлаком.
32. Дефосфорация стали.
33. Десульфурация стали.
34. Технологический цикл плавки стали в дуговых сталеплавильных печах.
35. Плавка на свежей шихте.

36. Переплав легированных отходов в ДСП.
37. Интенсификация плавления лома в дуговых печах.
38. Продувка порошками в дуговых печах.
39. Технология кислородно-конвертерной плавки.
40. Дутьевой режим кислородно-конвертерной плавки.
41. Закономерности окислительного рафинирования и шлакообразования в конвертере.
42. Материальный и тепловой балансы конвертерной плавки.
43. Конвертерные процессы с донной продувкой кислородом.
44. Конвертерные процессы с комбинированной продувкой.
45. Особенности технологии окислительных процессов в конвертерах.
46. Внепечная обработка стали.
47. Агрегаты и оборудование для внепечной обработки стали.
48. Сталеразливочный ковш.
49. Агрегаты доводки стали: Агрегат «ковш-печь».
50. Циркуляционный вакууматор RH.
51. Камерный вакууматор.
52. Обработка расплава в промежуточном ковше МНЛЗ.
53. Микролегирование и модифицирование в кристаллизаторе МНЛЗ и в изложнице.
54. Разливка стали в изложницы.
55. Строение и структура слитка спокойной стали.
56. Усадка и усадочные дефекты слитка спокойной стали.
57. Структурные зоны слитка спокойной стали.
58. Способы воздействия на формирование структуры слитка спокойной стали.
59. Ликвационные процессы и зоны сегрегации слитка спокойной стали.
60. Строение слитка кипящей стали.
61. Непрерывная разливка стали.
62. Сравнение переплавных процессов.
63. Испарение летучих примесей и основных компонентов сплава при плавке в вакууме.
64. Термодинамика испарения металлов.
65. Давление паров металлов над сплавами.
66. Скорость испарения металлов в вакууме.
67. Удаление растворенных газов (водорода и азота) в вакууме.
68. Удаление неметаллических включений при рафинирующих переплавах в вакууме.
69. Всплывание включений и переход границы металл — газовая фаза.
70. Термическая диссоциация неметаллических включений.
71. Взаимодействие оксидов с углеродом, растворенным в жидкой стали.
72. Флюсы для электрошлакового переплава.
73. Основные физико-химические процессы при ЭШП.
74. Окисление шлака и передача кислорода через шлак к жидкому металлу.
75. Поведение некоторых легирующих элементов стали в процессе ЭШП.

76. Удаление серы из металла при ЭШП.
77. Влияние ЭШП на содержание газов.
78. Поведение неметаллических включений при ЭШП.
79. Технология электрошлакового переплава.
80. Технология производства стали методом ЭШП.
81. Принцип действия и устройство установок вакуумно-дугового переплава.
82. Особенности электрического дугового разряда в вакууме.
83. Характеристики установок ВДП.
84. Системы электропитания и вакуумирования установок ВДП.
85. Технология процесса ВДП.
86. Процесс кристаллизации металла и формирование слитка.
87. Качество и сортамент металла ВДП.
88. Общая характеристика плазменно-дугового нагрева.
89. Особенности работы металлургических плазматронов.
90. Плазменная плавка стали в печи с керамическим тиглем.
91. Плазменно-дуговой переплав в кристаллизатор.
92. Индукционно-плазменная печь.
93. Конструкции индукционных печей.
94. Устройство и принцип действия канальной индукционной печи.
95. Устройство тигельной печи.
96. Технология выплавки стали и сплавов в индукционной печи.
97. Выбор футеровки индукционных печей.
98. Загрузка шихты в индукционную печь.
99. Расплавление шихты.
100. Ошлакование расплава.
101. Процесс окисления в индукционной печи.
102. Процессы раскисления и рафинирования.
103. Разливка стали.
104. Техничко-экономические показатели работы тигельной печи.
105. Нагрев и плавление металла электронным лучом.
106. Устройство электронных плавильных установок.
107. Установки ЭЛП с кольцевым катодом.
108. Установки ЭЛП с радиальными пушками.
109. Установка ЭЛП с аксиальными пушками.
110. Установки ЭЛП с плосколучевыми пушками.
111. Конструкции установок ЭЛП.
112. Технологические особенности ЭЛП.
113. Металлургические особенности ЭЛП.
114. Сортамент металлов, сталей и сплавов, подвергаемых ЭЛП.
115. Рудно-термические электрические печи.
116. Ванна рудно-термической печи.
117. Механизм вращения ванны рудно-термической печи.
118. Свод рудно-термической печи.
119. Обеспечение печей шихтой.
120. Рафинировочные электрические печи.

121. Конструкция самообжигающихся электродов.
122. Электродная масса.
123. Технология производства электродной массы.
124. Процессы, происходящие при обжиге электродной массы.
125. Ведущие элементы ферросплавов.
126. Общие требования к качеству ферросплавов.
127. Классификация ферросплавных процессов по виду применяемых восстановителей.
128. Классификация ферросплавных процессов по виду используемого агрегата.
129. Классификация ферросплавных процессов по технологическим признакам.
130. Химическое сродство элементов к кислороду.
131. Роль металлических растворов для получения ферросплавов.
132. Шлаки ферросплавного производства.
133. Свойства кремния, углерода и их соединений.
134. Теоретические основы восстановления кремния углеродом.
135. Сортамент кристаллического кремния и качество шихтовых материалов.
136. Технология выплавки кристаллического кремния.
137. Технология производства карбида кремния.
138. Свойства марганца и его соединений.
139. Минералы, руды и концентраты марганца.
140. Дефосфорация марганцевых концентратов и марганецсодержащих продуктов.
141. Технология сушки и окускования марганцевых концентратов.
142. Технология выплавки высокоуглеродистого ферромарганца.
143. Технология выплавки ферросиликомарганца.
144. Технология выплавки металлического марганца, низко- и среднеуглеродистого ферромарганца.
145. Технология получения азотированного марганца и силикомарганца.
146. Свойства хрома и его соединений.
147. Минералы и руды хрома.
148. Технология выплавки высокоуглеродистого феррохрома.
149. Технология выплавки ферросиликохрома.
150. Технология выплавки низкоуглеродистого феррохрома.
151. Вакуумные процессы обезуглероживания и дегазации феррохрома.
152. Кислородно-конвертерный и силикотермический способы выплавки среднеуглеродистого феррохрома.
153. Алюминотермический способ получения хрома и феррохрома.
154. Технология получения азотированного феррохрома.

Пример экзаменационного билета:

ГОУВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»			
Программа подготовки: бакалавриат			
Направление подготовки: 22.03.02 Metallurgy			
Направленность (профиль): «Metallurgy of cast iron», «Electrometallurgy of steel», «Metallurgy of non-ferrous metals», «Processing of metals by pressure», «Industrial heat engineering»			
Семестр: 5			
Учебная дисциплина: Производство стали и ферросплавов			
БИЛЕТ № 6			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Устройство тигельной печи. 2. Установки ЭЛП с кольцевым катодом. 3. Конструкция самообжигающихся электродов. 4. Свойства марганца и его соединений. 			
Утверждено на заседании кафедры электрометаллургии, протокол № ____ от _____.20__ г.			
Зав. кафедрой	Троянский А.А.	Экзаменатор	Ратиев С.Н.

КРИТЕРИИ	
оценивания экзаменационной работы	
по дисциплине «Производство стали и ферросплавов»	
для обучающихся по направлению подготовки 22.03.02 Metallurgy	
(Направленность (профиль): «Metallurgy of cast iron», «Electrometallurgy of steel», «Metallurgy of non-ferrous metals», «Processing of metals by pressure», «Industrial heat engineering»)	
<p>Экзамен проводится письменно по билетам. Билет содержит 4 вопроса, каждый из которых требует конкретного ответа. При необходимости отвечающий должен сопроводить написанное поясняющей схемой (рисунком).</p> <p>Вопросы охватывают теоретическую часть курса, а также требуют демонстрации практических навыков, полученных студентом в ходе практических занятий и лабораторных работ.</p> <p>Правильный ответ на вопрос оценивается в десять баллов. Если ответ не полный, то он оценивается в пять баллов. При отсутствии правильного ответа на поставленный вопрос обучающийся получает ноль баллов. Полученные баллы за ответы на вопросы билета суммируются и с учётом результатов текущего контроля работы студента выводится итоговая оценка по 100-балльной шкале.</p> <p>Полученная оценка по 100-балльной шкале определяет оценку по государственной шкале и шкале ESTS.</p>	
Утверждено на заседании кафедры электрометаллургии, протокол № ____ от _____.20__ г. Заведующий кафедрой _____ Троянский А.А.	

4.3 Критерии оценивания

Оценивание уровня освоения студентом учебного материала дисциплины «Производство стали и ферросплавов» производится в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации (семестрового контроля).

Текущий контроль знаний студента очной формы обучения осуществляется по результатам практических работ; студента заочной формы обучения – по результатам выполнения индивидуального задания.

Выполнение практических работ с защитой отчёта, выполнение индивидуального задания, предусмотренных рабочей программой дисциплины, является необходимым условием допуска студента к экзамену.

Распределение баллов текущего контроля работы студента на протяжении семестра приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Распределение баллов текущего контроля

Форма контроля	Возможное количество баллов	Примечание
Для студентов очной формы обучения		
Отчёт по практическим работам	60	Все задания выполнены правильно, приведенные результаты обоснованы, выполнен анализ полученного результата
	30	Все задание выполнены в целом правильно, проектные решения не всегда обоснованы, возникли трудности в объяснении полученных результатов
Итого по практическим занятиям (максимально возможное)	60	Максимально возможное
Для студентов заочной формы обучения		
Выполнение контрольной работы (индивидуального задания)	60	При выполнении задания приняты правильные решения, изложение материала аргументированное, последовательное, работа оформлена без замечаний
	30	Задание выполнено в целом правильно, но приведенные решения не всегда обоснованы, имеются замечания по оформлению.
ИТОГО:	60	Максимально возможное

Промежуточная аттестация по результатам освоения дисциплины в 5-ом семестре проводится в форме семестрового экзамена, в 6-ом семестре – в форме зачета. Форма проведения экзамена – письменная. Экзаменационный билет включает в себя 4 теоретических вопроса. При оценивании студента на экзамене преподаватель руководствуется критериями, приведенными в таблице 2.

Максимальное количество баллов за ответ на вопрос экзаменационного билета засчитывается студенту в случае, если ответ подтверждает владение студентом знаниями в полном объеме учебной программы, материал изложен в логической последовательности с выделением главного, содержит точные формулировки, сопровождается иллюстрирующими схемами и рисунками (при необходимости).

сти).

В случае если ответ на вопрос не в полной мере отвечает приведенным требованиям, студенту засчитывается количество баллов, равное 5. При отсутствии правильного ответа на поставленный вопрос студент получает 0 баллов.

Таблица 2 – Распределение баллов по семестровому экзамену

Форма контроля		Максимально возможное количество баллов
Ответ на вопросы экзаменационного билета	вопрос 1	10
	вопрос 2	10
	вопрос 3	10
	вопрос 4	10
ИТОГО:		40

Итоговая оценка определяется путем суммирования количества баллов по результатам текущего контроля и количества баллов по результатам семестрового экзамена. **Максимально возможное количество баллов – 100.**

Полученная оценка по 100-балльной шкале определяет оценку по государственной шкале и шкале ECTS:

Сумма баллов по 100-балльной шкале	Оценка по шкале ECTS	Оценка по государственной шкале
90-100	A	Отлично
80-89	B	Хорошо
75-79	C	
70-74	D	Удовлетворительно
60-69	E	
35-59	FX	Неудовлетворительно
0-34	F*	

* – с обязательным повторным изучением дисциплины.

4.4 Пример текущего опроса на практических занятиях

На примере темы «Технология производства ферросплавов»:

1. Ведущие элементы ферросплавов.
2. Общие требования к качеству ферросплавов.
3. Технология выплавки ферросиликомарганца.
4. Особенности работы металлургических плазматронов.
5. Конструкция самообжигающихся электродов.

Ответы на вопросы входного контроля учитываются преподавателем в результатах текущего контроля работы студента.

4.5 Курсовое проектирование

Учебным планом курсовое проектирование не запланировано.

5 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

I Основная литература

1. Рошин, В. Е. Электрометаллургия и металлургия стали : учебник / В. Е. Рошин, А. В. Рошин. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. — 576 с. — ISBN 978-5-9729-0630-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/115199.html> (дата обращения: 08.05.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

2. Павлов, В. А. Спецэлектрометаллургия сталей и сплавов : учебное пособие / В. А. Павлов, Е. Ю. Лозовая, А. А. Бабенко ; под редакцией А. В. Жданова. — Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2018. — 168 с. — ISBN 978-5-7996-2395-1. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/106523.html> (дата обращения: 07.05.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

3. Дашевский, В. Я. Ферросплавы: теория и технология / В. Я. Дашевский. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. — 288 с. — ISBN 978-5-9729-0566-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/115239.html> (дата обращения: 07.05.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

II Дополнительная литература

4. Шаповалов А.Н. Теория и технология производства стали [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / А.Н. Шаповалов ; ФГАУ ВПО "Нац. исслед. технол. ун-т "МИСиС", Новотроиц. фил., Каф. металлург. технологий и оборудования. - 3 Мб. - Новотроицк : МИСИС, 2015. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. – URL: <http://ed.donntu.ru/books/19/cd9287.pdf>.

5. Симонян, Л. М. Современные методы и технологии специальной электрометаллургии и аддитивного производства. Теория и технология спецэлектрометаллургии : курс лекций / Л. М. Симонян, А. Е. Семин, А. И. Кочетов. — Москва : Издательский Дом МИСиС, 2017. — 182 с. — ISBN 978-5-906846-96-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/71682.html> (дата обращения: 07.05.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

6 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебно-методические издания, разработанные в ДонНТУ:

6. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Производство стали и ферросплавов» для обучающихся по направлению подготовки 22.03.02 «Металлургия», для профилей «Металлургия чугуна», «Электрометаллургия стали», «Металлургия цветных металлов», «Обработка металлов давлени-

ем», «Промышленная теплотехника» [Электронный ресурс] / Составители: Троянский А.А., Заика В.И., Ратиев С.Н – 1,54 Мб. – Донецк: ГОУВПО «ДОННТУ», 2022. – 1 файл. – Систем. требования: Acrobat Reader. (доступ через личный кабинет студента).

7. Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине «Производство стали и ферросплавов» по направлению подготовки 22.03.02 «Металлургия» для профилей «Металлургия чугуна», «Электрометаллургия стали», «Металлургия цветных металлов», «Обработка металлов давлением», «Промышленная теплотехника» [Электронный ресурс] / Составитель: Троянский А.А., Заика В.И., Ратиев С.Н. – 350 Кб. – Донецк: ГОУВПО «ДОННТУ», 2022. – 1 файл. – Систем. требования: Acrobat Reader. (доступ через личный кабинет студента).

8. Методические указания к выполнению индивидуальных заданий по дисциплине «Производство стали и ферросплавов» по направлению подготовки 22.03.02 «Металлургия» для профилей «Металлургия чугуна», «Электрометаллургия стали», «Металлургия цветных металлов», «Обработка металлов давлением», «Промышленная теплотехника» [Электронный ресурс] / Составитель: Троянский А.А., Заика В.И., Ратиев С.Н. – 0,9 Мб. – Донецк: ГОУВПО «ДОННТУ», 2022. – 1 файл. – Систем. требования: Acrobat Reader. (доступ через личный кабинет студента).

Электронно-информационные ресурсы

ЭБС ДОННТУ – <http://donntu.ru/library>.

ЭБС IPR SMART – <http://www.iprbookshop.ru>

7 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Лекционные занятия:

Учебная аудитория 5.037. Мультимедийное оборудование: компьютер с выходом в Интернет P3/1.6GHz/512Mb/40Gb, операционная система Linux Ubuntu 16.04 (2016), LibreOffice 4.3.0 (2015), монитор LG Studioworks 5D, видеопроектор Sony VPL-EX4 с экраном ProView 180x180 Matte White; специализированная мебель: доска аудиторная, столы и стулья.

7.2 Практические занятия:

Учебная аудитория: компьютерный класс 5.035. Мультимедийное оборудование: компьютеры с выходом в Интернет Duron/1.4GHz/256Mb/80Gb, операционная система Linux Ubuntu 16.04 (2016), LibreOffice 4.3.0 (2015), компьютерная online модель процесса внепечной обработки стали доступная по ссылке <https://steeluniversity.org>, компьютерная программа для моделирования литейных процессов LVMFlow CV4.7r8 (учебная версия, лицензия №8323), разработанная в ДОННТУ компьютерная модель процесса выплавки стали и ферросплавов "ОРАКУЛ", видеопроектор Sony VPL-EX4, экран проекционный ELINSCEEHNS V119XWS1; специализированная мебель: доска для рисования маркерами, столы и стулья.

7.3 Самостоятельная работа:

Помещения для самостоятельной работы с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации: читальные залы, учебные корпуса 2, 3 (Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду (ЭИОС ДОННТУ) и электронно-библиотечную систему (ЭБС IPRbooks), а также возможностью индивидуального неограниченного доступа обучающихся в ЭБС и ЭИОС посредством Wi-Fi с персональных мобильных устройств. ОС-Microsoft Windows 7, OpenOffice 2.0.3 - общественная лицензия MPL 2.0/ Grub loader for ALT Linux – лицензия GNU LGPL v3/ Mozilla Firefox - лицензия MPL2.0, Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) - лицензия GNU GPL.