

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



**УТВЕРЖДАЮ:**

Первый проректор

(подпись)

А.А. Каракозов

« 31 » 03 2023 года

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.07 Теория и технология доменной плавки**  
(наименование дисциплины согласно учебному плану)

Направление подготовки:  
Направленность (профиль)  
Программа:  
Форма обучения:

22.04.02 Metallurgy  
Metallurgy of cast iron  
Magistratura  
очная, заочная

Форма обучения	Очная	Заочная
Семестр(ы)	1	1
Общая трудоёмкость в з.е./часах	7/252	7/252
Контактная работа (час.), в том числе:	91	18
лекции (час.)	34	4
практические (семинарские) занятия (час.)	51	6
лабораторные работы (час.)	-	-
Самостоятельная работа (час.), в том числе:	107	198
курсовой проект(работа) (семестр/час.)	1/27	1/27
Контроль (экзамен, час./зачёт)	Экзамен (54 час.)	Экзамен (36 час.)

Донецк, 2023 г.

Рабочая программа дисциплины «Теория и технология доменной плавки» составлена в соответствии с учебным планом по направлению подготовки 22.04.02 «Металлургия», направленность (профиль) «Металлургия чугуна») для 2023 года приёма по очной и заочной формам обучения.

Составитель:

Заведующий кафедрой «Руднотермические процессы и малоотходные технологии», к.т.н., доцент \_\_\_\_\_ Кочура В.В.  
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **рассмотрена и принята** на заседании кафедры «Руднотермические процессы и малоотходные технологии».

Протокол от «13» марта 2023 года № 8

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

Рабочая программа **одобрена учебно-методической комиссией** по направлению подготовки 22.04.02 «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 «Руднотермические процессы и малоотходные технологии».

Протокол от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20\_\_ года приёма на заседании кафедры «Руднотермические процессы и малоотходные технологии».

Протокол от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20\_\_ года приёма на заседании кафедры «Руднотермические процессы и малоотходные технологии».

Протокол от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20\_\_ года приёма на заседании кафедры «Руднотермические процессы и малоотходные технологии».

Протокол от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (Ф.И.О.)

## 1. ОБЪЕКТ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина рассматривает анализ процессов, параметров, показателей плавки и современных достижений доменного производства.

*Цель* - научить студентов теоретическим основам процессов, протекающим в доменной печи, навыкам расчета количественных и качественных показателей этих процессов; управлению технологическими параметрами доменной плавки.

В результате освоения дисциплины студент должен:

*знать*: физико-химические основы доменного процесса, закономерности движения шихты и газов в доменной печи, принципы и технологические приемы управления газораспределением, процессы диссоциации, восстановления, окисления, образования чугуна и шлака, тепло- и массообменные процессы, методы составления материальных и тепловых балансов доменной плавки, методы интенсификации доменного процесса, основы математического описания доменного процесса;

*уметь*: рассчитывать оптимальный состав шихты для получения чугуна с заданным составом, пользоваться современными и осваивать новые методы интенсификации доменного процесса, моделировать и оптимизировать доменный процесс, анализировать условия и режим работы доменных печей, производить термодинамические и кинетические расчеты;

*владеть*: методами расчета технико-экономических показателей доменной плавки, интенсификации доменного процесса; моделирования и оптимизирования выплавки чугуна в доменных печах; навыками проведения термодинамических и кинетических расчетов доменной плавки; контролем основных параметров работы технологического оборудования, агрегатов и машин доменного производства; информацией о возможных направлениях модернизации техники и оборудования доменного передела; методами математической статистики для анализа работоспособности технологического оборудования и устойчивости технологических процессов доменного производства.

Перечисленные результаты обучения являются основой для формирования следующих компетенций:

- способностью разрабатывать предложения по совершенствованию технологических процессов и оборудования в доменном производстве (ПК-1);
- способностью разрабатывать предложения по повышению качества заданного вида металлопродукции в доменном производстве (ПК-2).

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока 1 дисциплин (модулей) учебного плана.

Базируется на знаниях и умениях, которые студент приобрел при освоении предшествующих дисциплин, соответствующих плану подготовки бакалавров по направлению 22.03.02 «Металлургия».

Знания и умения, приобретенные при освоении данной дисциплины, реализуются студентом при изучении дисциплин «Резервы и перспективы доменной плавки», «Конструкция и оборудование доменных печей», при выполнении научно-исследовательской работы, прохождении производственной и преддипломной практики, выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1. Распределение учебных часов по темам дисциплины и видам занятий

Наименование тем (содержательных модулей)	Количество часов (очная/заочная форма)				
	Всего	В том числе			
		Лекции	Практ.	Лабор.	СР
Тема 1. Основные этапы эволюции технологии доменной плавки.	13/15	3/-	3/-		7/15
Тема 2. История становления доменного процесса.	13/15	3/-	3/-		7/15
Тема 3. Схема устройства доменной печи и перечень происходящих в ней процессов.	13/17	3/1	3/1		7/15
Тема 4. Теплообмен в доменной печи.	13/15	3/-	3/-		7/15
Тема 5. Аэродинамический режим доменной плавки.	13/17	3/1	3/1		7/15
Тема 6. Восстановление железа.	15/18	4/1	4/2		7/15
Тема 7. Образование чугуна и шлака.	13/17	3/1	3/1		7/15
Тема 8. Методы расчета плавки.	13/16	3/-	3/1		7/15
Тема 9. Минимально возможный расход кокса и влияние на него факторов доменной плавки.	13/15	3/-	3/-		7/15
Тема 10. Современные технологии доменной плавки.	16/20	3/-	3/-		10/20
Тема 11. Перспективы доменного производства.	13/16	3/-	3/-		7/16
Контактная работа (дополнительная)	6/8				
Курсовая работа (проект)	27/27				27/27
Итого по видам занятий	198/216	34/4	51/6		107/198
Контроль	54/36				
<b>Итого:</b>	<b>252/252</b>				

#### Формирование компетенций в результате освоения тем дисциплины

Компетенции	Темы дисциплины, нацеленные на выработку компетенции
ПК-1	Темы 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11
ПК-2	Темы 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11

#### 3.2. Лекции

Тема 1. Основные этапы эволюции технологии доменной плавки.

Содержание темы 1: Введение, цели и задачи курса. Основные этапы эволюции технологии доменной плавки. Замена древесного угля каменноугольным коксом. Нагрев дутья. Применение окускованного сырья. Повышение давления газов в печах. Замена кокса дополнительными топливами. Обогащение дутья кислородом. Совершенствование загрузочных устройств.

Литература к теме 1: [1, 2, 3]

Тема 2. История становления доменного процесса.

Содержание темы 2: Сыродутный процесс получения железа. Горение угля в слое. Теоретическая температура горения. Оценка богатства железных руд, используемых в сыродутном горне. Восстановление оксидов железа. Материальный и тепловой балансы сыродутного процесса. Зарождение двухстадийного способа производства железа и стали.

Литература к теме 2: [1, 2, 3]

Тема 3. Схема устройства доменной печи и перечень происходящих в ней процессов.



Содержание темы 3: Профиль доменной печи. Устройство печи и ее литейного двора. Загрузочные устройства и формирование в печи радиальной структуры столба шихтовых материалов. Восстановление железа и примесей чугуна, плавление и разделение чугуна и шлака

Литература к теме 3: [1, 2, 3]

Тема 4. *Теплообмен в доменной печи.*

Содержание темы 4: Первые представления о теплообмене в доменных печах. Теория теплообмена в доменных печах проф. Б.И.Китаева. Аналитические исследования Г.Ле-Шателье и схема теплообмена Е.Дипшляга. Общие положения теории. Закономерности противоточного теплообмена. Особенности теплообмена в нижней зоне печи.

Литература к теме 4: [1, 2, 3]

Тема 5. *Аэродинамический режим доменной плавки.*

Содержание темы 5: Силы препятствующие свободному опусканию шихтовых материалов в печи. Потери напора газов в шахте доменной печи. Показатели интенсивности доменной плавки. Вынос колошниковой пыли.

Литература к теме 5: [1, 2, 3, 4]

Тема 6. *Восстановление железа.*

Содержание темы 6: Равновесное восстановление оксидов железа оксидом углерода и водородом. Реакция водяного газа. Восстановление оксидов железа оксидом углерода в присутствии твердого углерода. Реакция Белла-Будуара. Кинетика реакции Белла-Будуара. Уточнение температуры начала прямого восстановления вюстита в печи. Идеальный ход печи. Принцип Грюнера. Расчеты М.А. Павлова  $K_{min}$  при  $rd = 0$ . Критика принципа Грюнера. Графическая интерпретация функции углерода кокса как источника тепла и восстановителя. Уточнения, связанные с определением понятия процесса прямого восстановления железа. Расчет  $t_d$  и  $K_{min}$  (метод ПДК). Гипотеза Ж. Мишара. Что мешает достижения в печи  $K_{min}$ ? Дискуссия по принципу Грюнера.

Литература к теме 6: [1, 2, 3]

Тема 7. *Образование чугуна и шлака.*

Содержание темы 7: Науглероживание железа. Восстановление примесей чугуна. Нежелательные примеси шихтовых материалов доменной плавки. Шлакообразование. Общие соображения о составе и роли шлаков в доменной печи. Свойства шлаков. Десульфурация чугуна.

Литература к теме 7: [1, 2, 3]

Тема 8. *Методы расчета плавки.*

Содержание темы 8: Расчет материального и теплового балансов реальной доменной плавки. Расчет удельного расхода кокса проектируемой плавки по комплексному методу А.Н.Рамма. Современные методы расчета расхода кокса проектируемых плавков. Метод RPD. Метод ПДК

Литература к теме 8: [1, 2, 3]

Тема 9. *Минимально возможный расход кокса и влияние на него факторов доменной плавки.*

Содержание темы 9: Эффективность вывода из шихты доменных печей сырого известняка. Влияние нагрева дутья. Обогащение дутья кислородом. Диоксид углерода в составе комбинированного дутья. Влажность дутья. Влияние выхода шлака. Влияние содержания кремния в чугуне.

Литература к теме 9: [1, 2, 3]

Тема 10. *Современные технологии доменной плавки.*

Содержание темы 10: Доменная плавка при повышенных давлениях газов. Влияние давления газов на аэродинамический режим плавки. Потери напора газов в печи и интенсивность плавки. Влияние повышения давления газов в печи на вынос колошниковой пыли. Влияние давления на кинетическую энергию дутья. Влияние давления на расход кокса. Влияние давления газов в печи на химический состав и температуру чугуна. Влияние давления

на содержание кремния в чугуна. Влияние давления газа на содержание марганца в чугуна. Десульфурация чугуна. Влияние давления дутья на содержание углерода в чугуна.

Доменная плавка на комбинированном дутье. Доменная плавка с вдуванием в горн печи природного газа. Доменная плавка с вдуванием в горн печи мазута (или сырой нефти). Доменная плавка с вдуванием в горн печей пылеугольного топлива (ПУТ).

Литература к теме 10: [1, 2, 3, 4]

Тема 11. *Перспективы доменного производства.*

Содержание темы 11: Альтернативные агрегаты. Экология. Сера кокса и десульфурация чугуна. Кислородная доменная печь (КДП). Расчет показателей работы КДП. Идеальный ход КДП. Расчет  $K_{\text{min}}$  при смешанном восстановлении вюститита в КДП.

Литература к теме 11: [1, 2, 3, 4]

### 3.3. Практические занятия

№ п/п	Тема занятия	Объем, час. очн/ заочн	Литература
1	Основные этапы эволюции технологии доменной плавки.	3/-	[5]
2	История становления доменного процесса.	3/-	[5]
3	Схема устройства доменной печи и перечень происходящих в ней процессов.	3/1	[5]
4	Теплообмен в доменной печи.	3/-	[5]
5	Аэродинамический режим доменной плавки.	3/1	[5]
6	Восстановление железа.	4/2	[5]
7	Образование чугуна и шлака.	3/1	[5]
8	Методы расчета плавки.	3/1	[5]
9	Минимально возможный расход кокса и влияние на него факторов доменной плавки.	3/-	[5]
10	Современные технологии доменной плавки.	3/-	[5]
11	Перспективы доменного производства.	3/-	[5]
	<b>Итого:</b>	51/6	

### 3.4. Лабораторные работы

Лабораторные занятия учебным планом не предусмотрены.

### 3.5. Самостоятельная работа студента

№ п/п	Виды самостоятельной работы студента	Объем, час. очн/ заочн
1	Изучение лекционного материала	20/85
2	Подготовка к практическим занятиям	20/86
3	Подготовка к лабораторным работам	-
4	Выполнение курсового проекта	-
5	Выполнение курсовой работы	27/27
6	Выполнение индивидуального задания	-
	<b>Итого:</b>	<b>107/198</b>

### 3.6. Курсовой проект (работа), индивидуальное задание

По дисциплине учебным планом предусмотрена курсовая работа. Тематика курсовой работы предусматривает расчет параметров доменной плавки различных заводов [6]. Основной целью выполнения расчетов является установление влияния на расход кокса различных факторов режима плавки при определенном составе шихты. При этом применяется упрощенный метод расчета проф. А.Н. Рамма, не требующий вычисления материальных характеристик и тепловых эквивалентов для каждого из компонентов шихты и основанный на

непосредственном использовании уравнения теплового баланса доменной плавки, отнесенного к 1 кг чугуна.

Объем учебной нагрузки при выполнении курсовой работы – 27 часов.

Рекомендуемый объем пояснительной записки по индивидуальному заданию – не более 30 страниц формата А4 (210×297 мм).

#### **4. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

##### **4.1. Критерии и шкалы для интегрированной оценки уровня сформированности компетенций**

###### *Составляющая компетенции – полнота знаний*

- нулевой уровень: неверные, неаргументированные, с множеством грубых ошибок ответы на вопросы / ответы на два вопроса из трех полностью отсутствуют. Уровень знаний ниже минимальных требований;
- минимальный уровень: даны неполные, неточные и неаргументированные ответы на вопросы. Уровень знаний ниже минимальных требований. Допущено много грубых ошибок;
- 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. Не ориентируется в специальной научной литературе, нормативно-правовых актах;
- 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, нормативно-правовых актах;
- средний уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, нормативно-правовые акты;
- продвинутый уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены неточности. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, нормативно-правовые акты;
- высокий уровень: Понимает суть методики решения задачи. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, передовой зарубежный опыт, нормативно-правовые акты.

###### *Составляющая компетенции – владение навыками*

- нулевой уровень: не продемонстрировал навыки выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;

- минимальный уровень: не продемонстрировал навыки выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;
- пороговый уровень: владеет опытом готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию на пороговом уровне. Трудовые действия выполняет медленно и некачественно;
- средний уровень: владеет средним опытом готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Трудовые действия выполняет на среднем уровне по скорости и качеству;
- продвинутый уровень: владеет опытом и достаточно выраженной личностной готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Быстро и качественно выполняет трудовые действия;
- высокий уровень: владеет опытом и выраженностью личностной готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Быстро и качественно выполняет трудовые действия.

#### *Обобщенная оценка сформированности компетенций*

- нулевой уровень: компетенции не сформированы;
- минимальный уровень: значительное количество компетенций не сформировано;
- пороговый уровень: все компетенции сформированы, но большинство на пороговом уровне;
- средний уровень: все компетенции сформированы на среднем уровне;
- продвинутый уровень: все компетенции сформированы на среднем или высоком уровне;
- высокий уровень: все компетенции сформированы на высоком уровне.

#### **4.2. Вопросы к экзамену и пример экзаменационного билета**

1. Приведите основные этапы эволюции технологии доменной плавки.
2. Поясните преимущества и недостатки замены древесного угля каменноугольным коксом.
3. Поясните преимущества нагрева дутья.
4. Поясните преимущества применения окучкованного сырья в доменной плавке.
5. Поясните преимущества повышения давления газов в доменных печах.
6. Поясните преимущества замены кокса дополнительными топливами.
7. Поясните преимущества обогащения дутья кислородом в доменной плавке.
8. Охарактеризуйте совершенствование загрузочных устройств.
9. Охарактеризуйте сыродутный процесс получения железа.
10. Охарактеризуйте горение угля в слое.
11. Как определяется теоретическая температура горения?
12. Как определяется оценка богатства железных руд, используемых в сыродутном горне.
13. Как осуществляется восстановление оксидов железа в сыродутном горне?
14. Охарактеризуйте материальный баланс сыродутного процесса.
15. Охарактеризуйте тепловой баланс сыродутного процесса.
16. Зарождение двухстадийного способа производства железа и стали.
17. Из каких элементов состоит профиль доменной печи и как он рассчитывается?
18. Охарактеризуйте устройство доменной печи и ее литейного двора.
19. Дайте характеристику загрузочным устройствам и формированию в печи радиальной структуры столба шихтовых материалов.
20. Охарактеризуйте восстановление железа и примесей чугуна.
21. Охарактеризуйте плавление и разделение чугуна и шлака.
22. Охарактеризуйте первые представления о теплообмене в доменных печах.
23. В чем заключается теория теплообмена в доменных печах проф. Б.И. Китаева?
24. Поясните аналитические исследования Г. Ле-Шателье.
25. Опишите схему теплообмена Е. Дипшляга.
26. Охарактеризуйте закономерности противоточного теплообмена.



27. Поясните особенности теплообмена в нижней зоне печи.
28. Охарактеризуйте силы, препятствующие свободному опусканию шихтовых материалов в печи.
29. Назовите причины потери напора газов в шахте доменной печи.
30. Охарактеризуйте показатели интенсивности доменной плавки.
31. Охарактеризуйте факторы, влияющие на вынос колошниковой пыли.
32. Охарактеризуйте процесс восстановления оксидов железа оксидом углерода.
33. Охарактеризуйте процесс восстановления оксидов железа водородом.
34. Охарактеризуйте реакцию водяного газа.
35. Охарактеризуйте восстановление оксидов железа оксидом углерода в присутствии твердого углерода.
36. Охарактеризуйте реакцию Белла-Будуара.
37. Поясните понятие «идеальный ход доменной печи».
38. Охарактеризуйте теорию восстановления в доменной печи по Грюнеру.
39. Охарактеризуйте графическую интерпретацию функции углерода кокса как источника тепла и восстановителя.
40. Охарактеризуйте процесс науглероживания железа в доменной печи.
41. Поясните процесс восстановления примесей чугуна.
42. Охарактеризуйте процесс шлакообразования в доменной печи.
43. В чем заключается роль шлаков в доменной печи?
44. Охарактеризуйте состав и свойства доменных шлаков.
45. Поясните процесс десульфурации чугуна в доменной печи.
46. Поясните процесс десульфурации чугуна вне доменной печи.
47. В чем заключается сущность расчета материального баланса реальной доменной плавки?
48. В чем заключается сущность расчета теплового баланса реальной доменной плавки?
49. Охарактеризуйте методы интенсификации доменной плавки.

### Пример экзаменационного билета

#### ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет»

Программа: магистратура

Направление подготовки: 22.04.02 «Металлургия»

Магистерская программа: «Металлургия чугуна»

Семестр 1

Учебная дисциплина: «Теория и технология доменной плавки»

#### БИЛЕТ №1

1. Охарактеризуйте влияние уровня засыпи шихтовых материалов на распределение материалов на колошнике.
2. Дайте характеристику механизма и кинетики восстановления оксидов железа газами.
3. Определите состав равновесной газовой фазы реакции восстановления оксида железа водородом  $Fe_3O_4 + H_2 = 3FeO + H_2O$  при температуре 300 ° С, если константа равновесия реакции определяется по формуле  $\lg K_p = \frac{-3756}{T} + 3,84$

Утверждено на заседании кафедры «Рудотермические процессы и малоотходные технологии».

Протокол № от 20\_\_ г.

Зав. кафедрой

ФИО

Экзаменатор

ФИО

### 4.3. Критерии оценивания

Оценивание уровня освоения студентом учебного материала дисциплины производится в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации (семестрового контроля).

**Текущий контроль** знаний студента **очной** формы обучения осуществляется по результатам **текущей работы**. Текущая работа подразделяется на текущую аудиторную работу и текущую самостоятельную работу. **Текущая аудиторная работа** предполагает текущий контроль знаний студента по результатам учебных занятий. Объектами текущего контроля являются: посещаемость аудиторных учебных занятий; работа на занятиях; текущий опрос. **Текущая самостоятельная работа** студента предполагает подготовку к лекционным и практическим занятиям [7], выполнения курсовой работы в соответствии с методическими рекомендациями [6].

Показатель	Максимальное количество баллов
<b>Текущая аудиторная работа:</b>	
– посещаемость аудиторных учебных занятий (за все занятия)	10
– работа на занятиях (за все занятия)	30
– текущий опрос (за все опросы)	30
<b>Текущая самостоятельная работа</b>	
– ход выполнения КР	30

**Текущий контроль** знаний студента **заочной** формы обучения осуществляется по результатам **текущей самостоятельной работы**, которая предполагает выполнение задания (курсовой работы) в соответствии с методическими рекомендациями [6].

Показатель	Максимальное количество баллов
<b>Текущая самостоятельная работа</b>	
– ход выполнения КР	100

**Промежуточная аттестация** студентов **очной и заочной** форм обучения проводится в конце семестра в виде экзамена.

В каждом экзаменационном билете содержится два теоретических вопроса (задание №1 и №2) и одна задача (№3). Заданиям присваиваются следующие весовые коэффициенты: 0,3; 0,3 и 0,4.

Ответ на каждое задание оценивается по 100-бальной шкале.

В случае теоретического задания оценка «100» ставится в случае полного системного раскрытия вопроса без каких-либо неточностей. Баллы снимаются, если в ответе упущены какие-либо второстепенные моменты (до 10 баллов), допущены несущественные неточности (до 10 баллов), допущены существенные неточности при правильном ответе в целом (до 25 баллов), при недостаточном представлении материалов (баллы снимаются как процент недостающего материала с учетом его значимости).

В случае задачи оценка «100» ставится при представлении полного решения с правильным ходом и точным ответом, при верном указании единиц измерения всех физических величин и выполненном полном анализе результатов (если требуется). Баллы снимаются, если в решении есть несущественные неточности, не повлиявшие на результат (до 15 баллов), неверно указаны или не указаны единицы измерения физических величин (до 15 баллов), допущены отдельные неточности в ходе решения, не искажившие ход решения в целом (до 25 баллов),

неточность численных результатов (до 15 баллов), ошибки в анализе результатов (до 20 баллов).

Промежуточная аттестация (экзамен) рассчитывается как сумма произведений оценок за каждое задание на их весовой коэффициент.

Пример расчета. Пусть оценки за каждое задание по 100-балльной шкале составили: 90, 70 и 85, соответственно. Тогда промежуточная аттестация по экзамену составляет:  $0,3 \cdot 90 + 0,3 \cdot 70 + 0,4 \cdot 85 = 82$  балла.

Общая оценка по дисциплине (**О**) для студентов **очной и заочной** формы обучения определяется с учетом долевого участия текущей работы (**ТР**) и промежуточной аттестации (**ПА**):

$$O = TР \cdot 0,3 + ПА \cdot 0,7$$

Полученная оценка по дисциплине 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.

При невыполнении всех заданий, предусмотренных учебной программой дисциплины согласно «Положению об организации учебного процесса» студенту в ведомость по курсу ставится запись «Не допущен». Студентам, которые были допущены к сдаче экзамена, но не явились на него, в ведомости ставится запись «Не явился».

#### 4.4 Пример текущего опроса на практических занятиях

Тема. *Аэродинамический режим доменной плавки.*

1. Какие силы препятствуют свободному опусканию шихтовых материалов в доменной печи?
2. Чем обусловлены потери напора газов в шахте доменной печи?
3. Приведите показатели интенсивности доменной плавки.
4. Чем определяется количество колошниковой пыли, выносимой газовым потоком из доменной печи?

#### 4.5 Курсовое проектирование

Выполнение курсовой работы является обязательной составляющей изучения дисциплины [6]. Курсовая работа имеет квалификационный характер. Она должна иметь внутреннее единство и свидетельствовать о подготовленности автора к выполнению самостоятельной научной или творческой профессиональной деятельности с использованием теоретических знаний и практических навыков.

В процессе подготовки и защиты курсовой работы студент должен продемонстрировать:

- способность творчески мыслить;
- умение проводить библиографическую работу с привлечением современных информационных технологий;
- владение методами и методиками расчета, которые использовались в процессе выполнения курсовой работы;

- способность к научному анализу полученных результатов, разработке выводов и положений, умение аргументировано их защищать;
- умение оценить возможности использования полученных результатов в научной и практической деятельности;
- владения современными информационными технологиями для выполнения и оформления курсовой работы.

Выполнение курсовой работы осуществляется студентом в течение всего семестра, начиная с момента официального получения задания. Выдача задания на курсовую работу осуществляется в течение первых двух недель обучения в соответствующем семестре.

Преподавателем, который осуществляет руководство курсовой работой, разрабатывается график ее выполнения, который выдается студентам вместе с индивидуальным заданием.

Выполненная часть курсовой работы в бумажном виде с наличием соответствующих подписей и дат выполнения предоставляется преподавателю для проверки и оценки качества ее выполнения. После проверки преподавателем расчетной части, она возвращается студенту.

В случае наличия замечаний по качеству выполнения работы, студент должен их ликвидировать. При этом, после ликвидации замечаний курсовая работа должна содержать как первичную информацию с замечаниями преподавателя, так и информацию о порядке их ликвидации студентом.

Не позднее, чем за три дня до официальной даты защиты курсовой работы студент должен предоставить преподавателю все проверенные части курсовой работы в едином сброшюрованном виде и получить разрешение на ее защиту.

Курсовая работа рассматривается как самостоятельный вид учебной работы и оценивается по 100-бальной рейтинговой шкале:

Раздел	Критерии	Рейтин- говая оценка
1. Самостоятельность выполнения работы	Работа написана самостоятельно	15
	Работа носит частично самостоятельный характер	10
	Работа носит не самостоятельный характер	2
2. Содержание работы	Полностью соответствует выбранной теме	15
	Частично соответствует выбранной теме	10
	Не соответствует теме	2
3. Элементы исследования	Определены цели и задачи исследования, сформулированы объект и предмет исследования, показана история и теория вопроса	15
	Определены цели и задачи исследования, не четко определены объект и предмет исследования, частично показана история и теория вопроса	10
	Не определены цели и задачи исследования, не сформулированы объект и предмет исследования, не показана история и теория вопроса	2
4. Цитирование и наличие ссылочного материала	Достаточно	10
	Частично	5
	Не использовались	2
5. Наличие собственных выводов, рекомендаций и предложений	Да	15
	Нет	2
6. Оформление работы	Соответствует полностью требованиям	10
	Соответствует частично требованиям	5

Раздел	Критерии	Рейтин- говая оценка
	Не соответствует требованиям	2
7. Библиография по теме работы	Актуальна и составлена в соответствии с требованиями	10
	Актуальна и частично соответствует требованиям	5
	Не соответствует требованиям	2
8. Оценка на защите	Владеет материалом	10
	Частично владеет материалом	5
	Не владеет материалом	2

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.

## 5 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### *I. Основная литература*

1. Познание процессов и развитие технологии доменной плавки [Электронный ресурс] : коллективный труд второго международного симпозиума / НАН Украины. Институт черной металлургии ; НАН Украины, Ин-т черной металлургии ; под науч. ред. И.Г. Товаровского. - 13 Мб. - Днепропетровск : Журфонд, 2016. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. <http://ed.donntu.ru/books/cd5169.pdf>
2. Управление ходом доменной плавки [Электронный ресурс] : (сущностный анализ, эксперименты, опыт) / Е. Донсков, В. Лялюк ; Е. Донсков, В. Лялюк. - 29 Мб. - Saarbrücken : Palmarium Academic Publishing, 2013. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. <http://ed.donntu.ru/books/cd5149.pdf>

### *II. Дополнительная литература*

3. Cavaliere P. Ironmaking and Steelmaking Processes [Electronic resource] : greenhouse emissions, control and reduction / P. Cavaliere ; P. Cavaliere. - 18 Мб. - Lecce: Springer, [2018]. - 1 файл. - System requirements: Acrobat Reader. <http://ed.donntu.ru/books/19/cd9139.pdf>
4. Большаков, В.И. Применение радиолокационных систем измерения поверхности засыпи шихты для контроля и управления доменной плавкой [Электронный ресурс] / В. И. Большаков, И. Г. Муравьева, Ю. С. Семенов ; В.И. Большаков, И.Г. Муравьева, Ю.С. Семенов ; НАН Украины, Ин-т черной металлургии им. З.И. Некрасова. - 13 Мб. - Днепропетровск : Пороги, 2013. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. <http://ed.donntu.org/books/cd5306.pdf>



## 6 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Учебно-методические издания, разработанные в ДОННТУ:

5. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Теория и технология доменной плавки» [Электронный ресурс] : (для студентов направления подготовки 22.04.02 «Металлургия», магистерской программы «Металлургия чугуна») / ГОУВПО «ДОННТУ», каф. руднотермических процессов и малоотходных технологий ; сост.: В.В. Кочура, З.К. Афанасьева – Электрон. дан. (1 файл). - Донецк : ДОННТУ, 2019. – Систем. требования: Acrobat Reader (доступ через личный кабинет студента).
6. Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Теория и технология доменной плавки» [Электронный ресурс] : (для студентов направления подготовки 22.04.02 «Металлургия», магистерская программа «Металлургия чугуна») / ГОУВПО «ДОННТУ», каф. руднотермических процессов и малоотходных технологий ; сост. В. В. Кочура, Г. Н. Сидоренко, З. К. Афанасьева – Электрон. дан. (1 файл). – Донецк : ДОННТУ, 2021. – Систем. требования: Acrobat Reader (доступ через личный кабинет студента).
7. Методические указания к самостоятельной работе студентов по дисциплине «Теория и технология доменной плавки» [Электронный ресурс] : (для студентов направления подготовки 22.04.02 «Металлургия», магистерской программы «Металлургия чугуна») / ГОУВПО «ДОННТУ», каф. руднотермических процессов и малоотходных технологий ; сост. В. В. Кочура. – Электрон. дан. (1 файл). – Донецк : ДОННТУ, 2019. – 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>

### Internet-ресурсы:

Worldsteel association [Электронный ресурс]:– Электрон. дан. – Brussels. – Режим доступа: <http://www.worldsteel.org> – Загл. с экрана.

Производство чугуна [Электронный ресурс]: сайт. – Сан-Бруно. – Режим доступа: [https://www.youtube.com/watch?v=x443D\\_UrPhY](https://www.youtube.com/watch?v=x443D_UrPhY) . – Загл. с экрана.

Доменный цех [Электронный ресурс]: сайт. – Сан-Бруно, – Режим доступа: [https://www.youtube.com/watch?v=\\_TcyhY\\_9lPE](https://www.youtube.com/watch?v=_TcyhY_9lPE) . – Загл. с экрана.

Металлургия чугуна и стали [Электронный ресурс]: сайт. – Сан-Бруно. – Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=GhQKCUzNUzs>. – Загл. с экрана.

Рождение металла [Электронный ресурс]: сайт. – Сан-Бруно, – Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=Pw0jPG6hHXA> . – Загл. с экрана.

Обогащение дутья кислородом в доменном процессе. [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://metal-archive.ru/domennyy-process/2160-obogaschenie-dutya-kislorodom-v-domennom-processe.html> – Загл. с экрана

Технология доменной плавки. [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://metalspace.ru/education-career/osnovy-metallurgii/domennaya-pech/393-tehnologiya-domennoj-plavki.html> – Загл. с экрана

Доменное производство. [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://metalspace.ru/education-career/osnovy-metallurgii/domennaya-pech.html>– Загл. с экрана

Все о металлургии [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Москва. – Режим доступа: <http://metal-archive.ru/> . – Загл. с экрана.

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Учебная аудитория №5.424 учебный корпус 5 для проведения занятий лекционного типа. (Доска аудиторная; стенды; макет комплекса доменной печи; парты; переносной экран; переносной мультимедийный проектор; ноутбук, Linux Ubuntu 18.04, LibreOffice 5.3.4).

2. Учебная лаборатория №5.005 учебный корпус 5 для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. (анемометр, психрометр, измельчитель 75Т-ДРМ; испытательная машина МИИ-100; электропечь СУОЛ-О.4.4/12-М2-У4.2; электрошкаф сушильный СНОЛ; вакуумный насос ВВН-12; весы ВЛЕ-1 и Т-5000; анализатор 236Б-ГР; потенциометр КСП-1-003; универсальный компрессор УК-1М; ротаметр РС-5; микроскоп МБР 612171; переносной экран; переносной мультимедийный проектор; ноутбук, Linux Ubuntu 18.04, LibreOffice 5.3.4).

3. Аудитория НИЧ №5.149 учебный корпус 5 для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. (Стол; стулья; шкаф; компьютер AMD Athlon 64x2 5600+, Linux Ubuntu 18.04, LibreOffice 5.3.4; Монитор SyncMaster 720N; Сист.блок AMD Athlon IIx2 240 2.8GHz/2Gb/250Gb/DVD-RW, Linux Ubuntu 18.04, LibreOffice 5.3.4; Монитор SyncMaster 720N; МФУ Samsung SCX-4200; Принтер HP Laser Jet-1010; Принтер SamSung ML-1750).

4. 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.