

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.07 Оптимизация энергозатрат в металлургических технологиях

Направление подготовки:
Направленность (профиль):

22.04.02 Металлургия
Промышленная теплотехника,
Металлургия чугуна,
Электрометаллургия стали,
Металлургия цветных металлов
магистратура
очная, заочная

Программа:
Форма обучения:


Форма обучения	Очная	Заочная
Семестр(ы)	3	3
Общая трудоёмкость в з.е./часах	3/108	3/108
Контактная работа (час.), в том числе:	53	12
лекции (час.)	34	4
лабораторные работы (час.)	-	-
практические (семинарские) занятия (час.)	17	2
Самостоятельная работа (час.), в том числе	55	96
курсовой проект (работа) (семестр/час.)	-	-
Контроль (экзамен, час./зачёт)	зачет	зачет

Донецк, 2023 г.

Рабочая программа дисциплины **«Оптимизация энергозатрат в металлургических технологиях»** составлена в соответствии с учебными планами по направлению подготовки 22.04.02 «Металлургия», направленность (профиль) «Промышленная теплотехника», «Металлургия чугуна», «Обработка металлов давлением», «Электрометаллургия стали», «Металлургия цветных металлов» для 2023 года приёма по очной и заочной формам обучения.

Составитель:

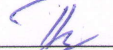
доцент кафедры
«Техническая теплофизика»
к.т.н., доцент


(подпись)

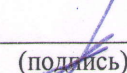
Капшаев В.В.
(Ф.И.О.)

Рабочая программа **рассмотрена и утверждена** на заседании кафедры «Техническая теплофизика».

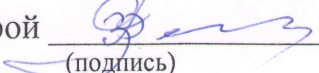
Протокол от «10» марта 2023 года № 12

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

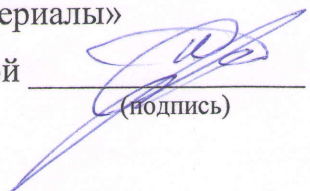
Рабочая программа **согласована с выпускающей кафедрой** «Руднотермические процессы и малоотходные технологии»

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

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

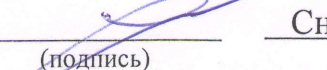
И.о. заведующего кафедрой  В.И. Заика
(подпись) (Ф.И.О.)

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

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

Рабочая программа **одобрена учебно-методической комиссией** ГОУВПО «ДОННТУ» 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 приема на заседании кафедры «Техническая теплофизика»

Протокол от «____» _____ 20__ года № ____

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

Согласовано с выпускающей кафедрой «Руднотермические процессы и малоотходные технологии»

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

Согласовано с выпускающей кафедрой «Обработка металлов давлением»

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

Согласовано с выпускающей кафедрой «Электromеталлургия»

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

Согласовано с выпускающей кафедрой «Цветная металлургия и конструкционные материалы»

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

1 ОБЪЕКТ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина рассматривает вопросы, касающиеся методик сокращения этапов технологических процессов и организации рациональных режимов работы тепловых агрегатов в металлургической отрасли, оптимизации расходов энергии в процессах обработки металлов давлением, рационального расходования энергии на нагрев металла перед деформацией и на термообработку после деформации.

Целью преподавания дисциплины является: предоставление магистрантам знаний, касающихся рациональных и оптимальных расходов энергии в металлургическом производстве различных видов металлопродукции, а также знаний методик подсчета затрат энергии в процессах нагрева и обработки металлов на основе европейского опыта преодоления энергетического кризиса.

В результате освоения дисциплины студент должен

знать:

- суть, цели, задачи оптимизации затрат энергии в металлургических процессах;

- единицы измерения работы и энергии, и соотношение между ними, что немаловажно при расчетах и сопоставлении при анализе;

- тепловой баланс нагревательной печи и ее теплотехнический к. п. д.;

- расход энергии на нагрев и на термическую обработку проката;

- современные методы сокращения затрат энергии в различных нагревательных агрегатах и агрегатах по термообработке металлопродукции;

- пути снижения энергозатрат в металлургическом производстве с полным циклом;

- основы системы энергоменеджмента металлургического предприятия.

уметь:

- формулировать цели и задачи по повышению энергоэффективности производства металлопродукции, используя знания по этой дисциплине;

- пользоваться обычными и наиболее распространенными методами снижения затрат энергии;

- выполнять оценку затрат тепла полезного и потеряннного;

- выполнять энергоэкономический анализ современного состояния с затратами тепла на металлургическом или нагревательном устройстве;

- разрабатывать мероприятия по сокращению непроизводительных расходов тепла, в т.ч. и организационные;

- пользоваться справочной литературой для определения допустимых температур нагрева различных марок стали и соответствующих теплоизоляционных материалов.

владеть:

- методиками по выбору рациональных технологических режимов для обеспечения заданного уровня качества металлопродукции;

- методиками по разработке и осуществлению мероприятий по экономии ресурсов (материалов и энергоносителей) в металлургических технологиях;

– способностью к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели (оптимизации затрат энергии в металлургических технологиях) и выбору путей ее достижения.

Перечисленные результаты обучения являются основой для формирования следующих общепрофессиональных компетенций:

ОПК-1. Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области металлургии.

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ

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

Базируется на знаниях, умениях и навыках, которые студент приобрел при освоении дисциплин: при подготовке бакалавра по направлению подготовки 22.03.02 «Металлургия».

Знания, умения и навыки, приобретенные при освоении данной дисциплины, реализуются студентом при изучении последующих дисциплин учебного плана, НИР, прохождении государственной итоговой аттестации.

3 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Распределение учебных часов по темам дисциплины и видам занятий

Наименование темы (содержательных модулей)	Количество часов (очная/заочная форма)				
	Всего	В том числе			
		Лекции	Практ. (Семин.)	Лабор.	СРС
третий семестр					
Тема 1. Расход энергии на нагрев металлов. Тепловой баланс нагревательной печи и теплотехнический к. п. д. печи.	13/11	4/1	2/1	-	7/9
Тема 2. Потеря тепла теплопроводностью через стенки.	12/12	4/0	2/0	-	6/12
Тема 3. Потери тепла с отходящими газами. Потери тепла излучением. Потери тепла с охлаждающей водой. Потери тепла от недожога газа. Потери тепла с выбивающимся пламенем и через неплотности.	12/12	4/0	2/0	-	6/12
Тема 4. Пути снижения расхода топлива в печах. Печи для подготовки сырья.	12/9	4/0	2/0	-	6/9
Тема 5. Пути снижения расхода топлива в печах. Плавильные печи.	12/12	4/1	2/0	-	6/11
Тема 6. Пути снижения расхода топлива в печах. Методические печи.	13/13	4/1	2/1	-	7/11

Тема 7. Пути снижения расхода топлива в печах. Термические печи.	11/11	2/0	2/0	-	7/11
Тема 8. Пути снижения энергозатрат в металлургическом производстве с полным циклом.	12/12	4/1	2/0	-	6/11
Тема 9. Управление энергоресурсами металлургического предприятия.	9/10	4/0	1/0	-	4/10
Контактная работа (дополнительная)	2/6				
Курсовая работа (проект)	-				
Итого по видам занятий	108/108	34/4	17/2		55/96
Контроль	-				
ИТОГО:	108/108				

Формирование компетенций в результате освоения тем дисциплины

Компетенции	Темы дисциплины, нацеленные на формирование компетенции
ОПК-1	Темы 1-9

3.2 Лекции

Тема 1. *Расход энергии на нагрев металлов. Тепловой баланс нагревательной печи и понятие теплотехнического к. п. д.*

Содержание темы 1:

Вводная часть в предмет. Расход энергии на нагрев металлов. Тепловой баланс нагревательной печи и теплотехнический к. п. д., основные способы определения теплотехнического к. п. д. Расход энергии на термическую обработку металлопроката.

Литература к теме 1: [1, 2, 3]

Тема 2. *Потеря тепла теплопроводностью через стенки.*

Содержание темы 2:

Оценка потерь тепла теплопроводностью через стенки нагревательных печей. Основные пути снижения потерь тепла через стенки нагревательных агрегатов.

Литература к теме 2: [1, 2, 3]

Тема 3. *Потери тепла с отходящими газами. Потери тепла излучением. Потери тепла с охлаждающей водой. Потери тепла от недожога газа. Потери тепла с выбивающимся пламенем и через неплотности.*

Содержание темы 3:

Потери тепла с отходящими газами. Потери тепла излучением. Потери тепла с охлаждающей водой. Потери тепла от недожога газа и пути их снижения. Потери тепла с выбивающимся пламенем и через неплотности.

Литература к теме 3: [1, 2, 3]

Тема 4. *Пути снижения расхода топлива в печах. Печи для подготовки сырья.*

Содержание темы 4:

Пути снижения расхода топлива в печах для подготовки сырья. Коксовая печь. Обжиговая печь для производства извести. Ферросплавная печь. Обжиговая печь для производства окатышей. Печи металлизации (восстановления).

Литература к теме 4: [\[1\]](#), [\[2\]](#), [\[3\]](#)

Тема 5. *Пути снижения расхода топлива в печах. Плавильные печи.*

Содержание темы 5:

Пути снижения расхода топлива в плавильных печах. Доменная печь. Конвертер. Дуговая сталеплавильная печь. Литейная печь (вагранка).

Литература к теме 5: [\[1\]](#), [\[2\]](#), [\[3\]](#)

Тема 6. *Пути снижения расхода топлива в печах. Методические печи.*

Содержание темы 6:

Пути снижения расхода топлива в методических печах. Толкательная печь. Печь с шагающим подом (ПШП). Кольцевая печь. Печь с шагающими балками (ПШБ). Секционная печь.

Литература к теме 6: [\[1\]](#), [\[2\]](#), [\[3\]](#)

Тема 7. *Пути снижения расхода топлива в печах. Термические печи.*

Содержание темы 7:

Пути снижения расхода топлива в печах для термообработки. Печь с выкатным подом. Камерная печь с неподвижным подом (внешней механизацией). Колпаковая печь. Конвейерная печь. Роликовая печь. Протяжная печь.

Литература к теме 7: [\[1\]](#), [\[2\]](#), [\[3\]](#)

Тема 8. *Пути снижения энергозатрат в металлургическом производстве с полным циклом.*

Содержание темы 8:

Сокращение этапов технологического процесса. Проведение регулярного технологического аудита. Использование тепла деформируемого материала с предыдущего этапа технологического процесса. Использование процессов обработки давлением или условий деформации, обеспечивающих экономию энергии. Снижение температуры деформации. Вторичные энергоресурсы и формы утилизации энергии в процессах обработки металлов давлением. Расход энергии и режим работы на производственно-технологических линиях.

Литература к теме 8: [\[1\]](#), [\[2\]](#), [\[3\]](#)

Тема 9. *Управление энергоресурсами металлургического предприятия.*

Содержание темы 9:

Управление энергоресурсами металлургического предприятия. Организационные меры. Обеспечение финансирования. Европейский инструмент учета.

Литература к теме 9: [\[1\]](#), [\[2\]](#), [\[3\]](#)

3.3 Практические занятия

№ п/п	Тема занятия	Объем, час. очн/заочн	Литера- тура
1	Учет тепловой энергии в металлургии.	2/0	[4, 5]
2	Возобновляемые источники энергии.	1/0	[3, 4]
3	Основные виды альтернативной энергии.	2/0	[3, 4]
4	Новые теплоизоляционные материалы, которые используются в теплотехнических агрегатах в металлургии и теплоэнергетике.	6/1	[4, 5]
5	Энерготехнологическое преобразования биомассы. Установка ЭТД-1.	2/0	[5]
6	Перспективы энергосбережения в металлургической отрасли.	4/1	[2, 3]
ИТОГО:		17/2	

3.4 Самостоятельная работа студента

№ п/п	Виды самостоятельной работы студента	Объем, час. (очная/заочная)
1	Изучение лекционного материала	33/50
2	Подготовка к лабораторным работам	-/-
3	Подготовка к практическим занятиям	22/37
4	Выполнение курсовой работы	-/-
5	Выполнение курсового проекта	-/-
6	Выполнение индивидуального задания	-/9
Итого:		55/96

3.6 Курсовой проект (работа), индивидуальное задание

Курсовой проект (работа) по дисциплине учебным планом не предусмотрен.

Предусмотрено выполнение индивидуального задания для заочной формы обучения. Цель индивидуального задания – обучение основам расчета; закрепление, углубление и обобщение знаний, приобретенных при изучении теории данной дисциплины. Индивидуальное задание оказывает содействие развитию навыков самостоятельного решения технических и/или технологических задач. Развивает конструктивное отношение к методам расчетов, совершенствует навыки ведения и оформление проектной документации. О выполнении индивидуального задания сообщается студентам в начале семестра, а условия к заданию предоставляется в течение месяца после начала учебного семестра после изучения соответствующего лекционного материала и/или изучения материала, который не рассматривается на лекциях. Объем учебной нагрузки при выполнении индивидуального задания – не менее 9 часов. Сдача индивидуального задания осуществляется не позднее чем за две недели до окончания учебного семестра. Выполнение индивидуального задания в виде реферата осуществляется в часы СРС. Рекомендуемый объем пояснительной записки по индивидуальному заданию – 5-15 стр. формата А4 (210×297 мм).

Тематика индивидуальных заданий по дисциплине «Оптимизация энергозатрат в металлургических технологиях» в виде решения задач по следующим темам:

- расчет котла-утилизатора;
- расчет паропровода;
- расчет экономии газообразного топлива;
- расчет нагревательной печной установки;
- расчет теплового баланса печной установки;
- расчет экономического эффекта от установки теплоуловителя;
- расчет экономии топлива за счет снижения температуры уходящих газов.

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 неполные, 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. Не ориентируется в специальной научной литературе;
- пороговый уровень: достаточное понимание сути методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать норматив-

но-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 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

Экзамен по дисциплине не предусмотрен

Контрольные вопросы по дисциплине:

1. Что называют полезным теплом и от чего оно зависит?
2. Какие компоненты входят в уравнение теплового баланса нагревательной печи?
3. Что характеризует показатель теплотехнического к. п. д.?
4. Теплотехнический к. п. д. можно выразить через энтальпию нагреваемого материала?
5. Из каких компонентов складывается показатель потерь тепла через стенки?
6. От чего зависят потери тепла теплопроводностью через стенки?
7. Какие существуют возможности для снижения затрат тепла через стенки нагревательных устройств?
8. От чего зависят потери тепла с отходящими газами?
9. Где возникают потери тепла излучением и как эти потери снизить?
10. Какие компоненты входят в формулу по расчету суммарной плотности теплового потока, излучаемого наружу?
11. Как можно уменьшить потери тепла с излучением?
12. От чего зависят потери тепла с охлаждающей водой?
13. С чем связаны потери тепла от недожога газа и от чего они зависят?
14. Что нужно знать, чтобы рассчитать потери тепла от недожога?
15. Какие пути снижения потерь тепла от недожога?
16. Какой путь снижения потерь топлива?
17. Какие компоненты нужно знать, чтобы подсчитать потери тепла в связи с неплотностью?
18. От чего зависят потери тепла с выбивающимся пламенем?
19. Каковы основные теплоэнергетические преимущества электронагрева?
20. Приведите классификацию электротермических процессов.
21. Объясните принцип прямого (кондуктивного) нагрева.
22. Как работает классическая индукционная нагревательная система?
23. Перечислите типичные примеры промышленного применения индукционного нагрева.
24. На каком принципе основан диэлектрический нагрев и его преимущества?
25. Объясните принцип электродугового нагрева.
26. Каков основной принцип плазменного нагрева?
27. Объясните, как функционирует лазерный нагрев.
28. Опишите суть электроискровой эрозии и его особенности.
29. От каких факторов зависят затраты энергии на производство блюмов и слябов?
30. Какие работы проводятся при реконструкции и модернизации печей?
31. От чего зависит разброс расход энергии на зачистку, транспортировку и нагрев сортовых и листовых слитков, блюмов и слябов?
32. От каких факторов зависят затраты энергии на прокатку?
33. Какие данные надо знать, чтобы подсчитать энергию, потребляемую электродвигателем на 1 т готового проката?

34. Каковы основные способы снижения расхода энергии при прокатке блюмов и слябов?
35. Что такое оптимизация температурного и теплового режима?
36. Что нам дает в энергетическом и теплотехническом плане применение непрерывного литья?
37. Какие статьи затрат энергии на производство толстолистовых слитков?
38. Какие основные пути снижения расхода энергии на получение слитков для последующей прокатки толстых листов?
39. Какие меры по снижению затрат энергии на металлургическом производстве с полным циклом?
40. Что должен обеспечивать любой технологический процесс в металлургическом производстве с полным циклом?
41. Какая одна из основных характеристик технологического процесса в металлургии?
42. Что такое технологический аудит?
43. Какие теплотехнические особенности использования тепла деформируемого материала с предыдущего этапа технологического процесса?
44. Что относят к вторичным энергоресурсам (ВЭР) в металлургии?
45. Как снизить расход энергии при использовании специальных режимов работы на производственно-технологических линиях в металлургии?
46. Что должна обеспечивать система энергоменеджмента предприятия?
47. Какие основные задачи энергоаудита?
48. По каким направлениям должна быть организована работа энергоаудита на металлургическом предприятии?
49. Почему тепловой режим является одним из определяющих факторов технологии прокатки?
50. Тепловой режим рассчитывают с учетом теплового баланса. От чего зависит тепловой баланс?
51. Какие основные параметры теплового режима рассчитываются?
52. Какой при горячей прокатке определяющий параметр теплового режима?
53. Очень важным параметром теплового режима станов является расход охлаждающей жидкости в системе охлаждения валков. Как определяется этот параметр?

4.3 Критерии оценивания

Текущий контроль знаний студентов производится по результатам практических (семинарских) занятий, индивидуального задания (для заочной формы обучения), во время контрольных опросов в ходе проведения занятий.

Зачет выставляется по результатам текущей учебной работы обучающегося в конце семестра до начала экзаменационной сессии. Оценка выставляется в соответствии с критериями баллов:

90-100 - выставляется обучающемуся, который дает полный, развернутый ответ на поставленный вопрос с использованием дополнительной литературы, показывает совокупность осознанных знаний об объекте, проявляющуюся в свобод-

ном оперировании понятиями, умении выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи; раскрывает основные положения темы; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений; знание об объекте демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей; ответ формулируется в научных терминах, излагается литературным языком, характеризуется логичностью, доказательностью, демонстрирует авторскую позицию обучающегося; могут быть допущены недочеты в определении понятий или др., исправленные обучающимся самостоятельно в процессе ответа.

75-89 - выставляется обучающемуся, который дает полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, раскрывает основные положения темы; показывает умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений; ответ излагается литературным языком в научных терминах; в ответе допущены недочеты или незначительные ошибки, исправленные обучающимся с помощью преподавателя.

60-74 - выставляется обучающемуся, который дает недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ; логика и последовательность изложения имеют нарушения; допускает ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов, которые затрудняется исправить самостоятельно; не способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи; может конкретизировать обобщенные знания, доказав на примерах их основные положения только с помощью преподавателя; речевое оформление ответа требует поправок, коррекции;

35-59 - выставляется обучающемуся, который дает неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях; в ответе присутствует фрагментарность, нелогичность изложения; обучающийся не осознает связь данного понятия, теории, явления с другими объектами дисциплины (модулей); отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения; речь неграмотная; дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины (модулей), либо обучающийся отказывается от ответа.

Итоговый балл 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	
		экзамен	зачет
90-100	A	Отлично	Зачтено
80-89	B	Хорошо	
75-79	C		
70-74	D		
60-69	E	удовлетворительно	
35-59	FX	неудовлетворительно	Не зачтено
0-34	F*		

* – с обязательным повторным изучением дисциплины.

4.4 Пример текущего опроса на практических (семинарских) занятиях

Примерная тематика вопросов для устного текущего опроса:

1. Какие компоненты входят в уравнение теплового баланса печи?
2. Что характеризует показатель теплотехнического коэффициента полезного действия и как его рассчитать? Приведите формулу к. п. д.
3. Из каких компонентов складывается показатель потерь тепла через стенки? Приведите формулу для определения потерь тепла через стенки и формулы для расчета компонентов, входящих в эту формулу.
4. От каких параметров зависят потери тепла теплопроводностью через стенки? Приведите формулу для учета потерь тепла теплопроводностью через стенки.
5. Какие имеются возможности для снижения затрат тепла через стенки нагревательных устройств? Укажите формулу для расчета затрат тепла через стенки нагревательных устройств.
6. От каких параметров и факторов зависят потери тепла с отходящими газами? Приведите формулу для учета потерь тепла с отходящими газами.
7. Где возникают потери тепла излучением и как эти потери снизить? Укажите формулы для расчета удельного теплового потока от излучения твердого тела – стенок печи и суммарной потери тепла на излучение.
8. Какие компоненты входят в формулу по расчету суммарной плотности теплового потока, излучаемого наружу? Приведите формулу и объясните ее.
9. За счет чего можно уменьшить потери тепла с излучением?
10. От каких параметров и факторов зависят потери тепла с охлаждающей водой? Приведите формулу для учета потерь тепла с охлаждающей водой.
11. С чем связаны потери тепла от недожога газа и от чего они зависят? Приведите формулу для учета потерь тепла от недожога газа.
12. Что нужно знать, чтобы рассчитать потери тепла от недожога?
13. Каким образом можно снизить потери тепла от недожога? Приведите формулу для учета потерь тепла от недожога и объясните ее.
14. Какой существует основной путь снижения потерь топлива?
15. Какие компоненты нужны, чтобы подсчитать потери тепла в связи с неплотностью?
16. От чего зависят потери тепла с выбивающимся пламенем? Проиллюстрируйте это формулами.

4.5 Курсовое проектирование

Учебным планом курсовое проектирование не запланировано.

5 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

I. Основная литература

1. Кашаев, В. В. Оптимизация энергозатрат в металлургии : учеб. пособие / В. В. Кашаев. – Донецк : ДонНТУ, 2016. – 107 с. – Режим доступа: <http://ed.donntu.ru/books/cd3761.pdf>.

2. Перспективные металлургические и технологические процессы производства конструкционных материалов : монография / В. И. Муравьев, П. В. Бахматов, А. В. Фролов, В. В. Григорьев. – Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 328 с. – ISBN 978-5-9729-0740-3. – Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/115154.html>. – Режим доступа: для авторизир. пользователей.

3. Кузнецова, И. В. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях [Электронный ресурс] : учебное пособие / И. В. Кузнецова, И. И. Гильмутдинов ; И. В. Кузнецова, И. И. Гульмутдинов ; под ред. А.Н. Сабирзянова ; ФГБОУ ВО "Казан. нац. исслед. технол. ун-т". – 689 Кб. – Казань : Изд-во КНИТУ, 2017. – 1 файл. – Систем. требования: Просмотрщик djvu-файлов. – Режим доступа: <http://ed.donntu.ru/books/19/cd9227.djvu>.

II. Дополнительная литература

4. Жук, В. Л. Оптимизация энергозатрат в металлургических технологиях [Электронный ресурс] : учеб. пособие для вузов / В. Л. Жук, В. И. Заика, И. В. Тупилко ; В. Л. Жук, В. И. Заика, И. В. Тупилко ; под ред. А. А. Троянского ; ГОУВПО "ДОННТУ". – 5 Мб. – Донецк : ГОУВПО "ДОННТУ", 2018. – 1 файл. – Систем. требования: Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://ed.donntu.ru/books/19/cd8427.pdf>.

5. Ракишев, Б. Р. Энергосбережение на литейно-прокатных агрегатах : учеб. пособие / Б. Р. Ракишев, С. А. Машеков. – Алматы : Изд-во КазНТУ, 2015. – 189 с. – Режим доступа: <http://ed.donntu.ru/books/19/cd9172.pdf>.

6 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебно-методические издания, разработанные в ДонНТУ:

6. Кашаев, В. В. Конспект лекций по дисциплине «Оптимизация энергозатрат в металлургических технологиях» (для бакалавров очной и заочной форм обучения направления подготовки 22.04.02 «Металлургия» профиля «Промышленная теплотехника») / Кашаев В. В. – Донецк : ГОУВПО «ДОННТУ». (доступ через личный кабинет студента).

7. Кашаев, В. В. Методические указания к индивидуальным заданиям по дисциплине «Оптимизация энергозатрат в металлургических технологиях» для студентов очной и заочной формы обучения направления подготовки 22.04.02 «Металлургия» профиля «Промышленная теплотехника» / ГОУВПО «ДОННТУ», каф. технической теплофизики, сост. Кашаев В. В. – Донецк : ГОУВПО «ДОННТУ». (доступ через личный кабинет студента).

8. Кашаев, В. В. Методические указания к самостоятельной работе студентов по дисциплине «Оптимизация энергозатрат в металлургических технологиях» для студентов очной и заочной формы обучения направления подготовки 22.04.02 «Металлургия» профиля «Промышленная теплотехника» / ГОУВПО «ДОННТУ», каф. технической теплофизики, сост. Кашаев В.В. – Донецк : ГОУВПО «ДОННТУ». (доступ через личный кабинет студента).

Электронно-информационные ресурсы:

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

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

7 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Учебная аудитория №5.436 учебный корпус 5 для проведения занятий лекционного типа. (Мультимедийное оборудование: компьютер, операционная система Linux Ubuntu 16.04 (2016), LibreOffice 4.3.0 (2015), мультимедийный проектор, экран; специализированная мебель: доска аудиторная, парты, демонстрационные макеты, стенды и плакаты).

2. Учебная аудитория №5.436 учебный корпус 5 для проведения практических занятий. (Мультимедийное оборудование: компьютер, операционная система Linux Ubuntu 16.04 (2016), LibreOffice 4.3.0 (2015), мультимедийный проектор, экран; специализированная мебель: доска аудиторная, парты, демонстрационные макеты, стенды и плакаты).

3. 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.