

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



УТВЕРЖДАЮ:

Первый проректор

А.А. Каракозов

(подпись)

» март 2023 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В. 11 «НЕПРЕРЫВНАЯ РАЗЛИВКА СТАЛИ»

(код и наименование дисциплины согласно учебному плану)

Направление подготовки: 22.03.02 Металлургия
(код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность (профиль): «Электрометаллургия стали»
(наименование профиля / магистерской программы / специализации)

Программа: бакалавриат
(бакалавриат, магистратура, специалитет)

Форма обучения: Очная, заочная
(очная, заочная, очно-заочная)

Форма обучения:	Очная	Заочная
Семестр(ы)	7	9
Общая трудоёмкость в з.е./часах	5/180	5/180
Контактная работа (час.), в том числе:	74	16
лекции (час.)	34	4
лабораторные работы (час.)	-	-
практические (семинарские) занятия (час.)	34	4
Самостоятельная работа (час.), в том числе:	52	110
курсовой проект (работа) (семестр/час.)	27	27
Контроль (экзамен, час./зачёт)	Экзамен, 54	Экзамен, 54

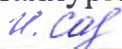
Донецк, 2023 г.

Рабочая программа дисциплины «Непрерывная разливка стали» составлена в соответствии с учебными планами по направлению подготовки 22.03.02 «Металлургия» (направленность (профиль) – «Электрометаллургия стали») для 2023 года приёма по очной и заочной формам обучения.

Составитель:

Доцент кафедры «Электрометаллургия»,

К.т.н., доцент




Салмаш И.Н.

(подпись)

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

Протокол от « 02 » марта 2023 года № 8 .

И.о.заведующего кафедрой




Зайка В.И.

(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.

(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 продлена для 20__ года приёма на заседании кафедры «Электрометаллургия» .

Протокол от « ____ » _____ 20__ года № ____

Заведующий кафедрой

(подпись)

(Ф.И.О.)

1 ОБЪЕКТ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина рассматривает вопросы технологических процессов и оборудования для получения стальных заготовок методом непрерывной разливки.

Цель дисциплины - формирование инженерного мышления и современного представления о теории и практике непрерывной разливки стали.

В результате освоения дисциплины студент должен:

знать: задачи, методы и агрегаты непрерывной разливки стали; теоретические основы и закономерности процессов рафинирования и затвердевания при непрерывной разливке стали; современные энерго- и ресурсосберегающие технологии и мероприятия при непрерывной разливке стали; направления совершенствования технологии непрерывной разливки стали;

уметь: пользоваться научно-технической и технологической документацией по организации технологии непрерывной разливки стали; анализировать технологию непрерывной разливки стали и выбирать для улучшения качества металла и технико-экономических показателей производства; производить расчеты технологических параметров разливки стали;

владеть: способами поиска и сбора данных об объекте исследования из библиотечных каталогов, Интернета, иных источников информации; методами сопоставления и сравнения отдельных сторон и характеристик объектов и процессов, классификации их по определенным значениям и систематизации данных по признакам сходства и отличия; оценкой экономической эффективности технологических процессов на металлургическом предприятии.

Перечисленные результаты обучения являются основой для формирования следующих компетенций:

- способен выявлять причины возможных нарушений технологии в производстве сталей и сплавов (ПК-3).

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ

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

Базируется на знаниях, умениях и навыках, которые студент приобрел при освоении предшествующих дисциплин: математика, физика, химия, физическая химия.

Знания, умения и навыки, приобретенные при освоении данной дисциплины, реализуются студентом при выполнении курсового проекта по дисциплине «Непрерывная разливка стали», изучении последующих дисциплин: «Проектирование технологических процессов», «Процессы специальной электрометаллургии», прохождении учебной или производственной практики, 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	Лабор.	Практ. (Семин.).	СР
Тема 1. Общие сведения о процессе непрерывной разливки стали	6/8	2/0	0/0	2/0	2/8
Тема 2. Общие технологические аспекты литья стали на МНЛЗ. Основные типы МНЛЗ и их функциональное назначение	10/7	3/0	0/0	4/0	3/7
Тема 3. Промежуточный ковш как функционально - технологический элемент обеспечения стабильности разливки и качества металла	8/12	3/2	0/0	2/2	3/8
Тема 4. Кристаллизатор МНЛЗ	10/8	4/0	0/0	4/0	2/8
Тема 5. Зона вторичного охлаждения	7/7	3/0	0/0	2/0	2/7
Тема 6. Агрегаты, которые тянут и выправляют заготовку. Система резки заготовки	9/8	3/0	0/0	4/0	2/8
Тема 7. Структура, качество и дефекты непрерывнолитого металла	9/7	3/0	0/0	4/0	2/7
Тема 8. Влияние внешних динамических воздействий на формирование непрерывнолитых заготовок и их применение на МНЛЗ	7/7	3/0	0/0	2/0	2/7
Тема 9. Автоматизация процессов непрерывной разливки стали	9/12	3/2	0/0	4/2	2/8
Тема 10. Современные МНЛЗ для производства различных видов металлопродукции	9/7	4/0	0/0	2/0	3/7
Тема 11. Особенности технологического процесса непрерывной разливки стали	9/8	3/0	0/0	4/0	2/8
Контактная работа (дополнительная)	6/8	0/0	0/0	0/0	0/0
Курсовая работа (проект)	27/27	0/0	0/0	0/0	27/27
Итого по видам занятий	126/126	34/4	0/0	34/4	52/110
Контроль	54/54				
ИТОГО:	180/180				

Формирование компетенций в результате освоения тем дисциплины

Компетенции	Темы дисциплины, нацеленные на формирование компетенции
ПК-3	Тема 1-11

3.2 Лекции

Тема 1. Общие сведения о процессе непрерывной разливки стали.

Содержание темы 1:

История развития, сущность, преимущества и особенности непрерывной разливки стали. Технологическая система непрерывного литья стали в структуре современного сталеплавильного цеха. Особенности взаимодействия основных технологических единиц сталеплавильного цеха в условиях совмещения дискретного процесса выплавки стали и квазибеспрерывного процесса литья. Общие принципы системы технологий непрерывного литья, архитектура МНЛЗ и ее основные функциональные узлы. Основные типы МНЛЗ и их классификация. Общая структура современных сталеплавильных цехов с непрерывной разливкой стали и тенденции ее развития. Современные тенденции развития технологии и оборудования для непрерывного литья стали.

Литература к теме 1: [1, 2, 3]

Тема 2. Общие технологические аспекты литья стали на МНЛЗ. Основные типы МНЛЗ и их функциональное назначение.

Содержание темы 2:

Организация старта литья. Ковши для разливки стали. Операция замены сталеразливочных ковшей и оборудования для замены. Защита стали от вторичного окисления при технологических переливах металла. Охлаждение заготовки в процессе литья. Завершение процесса литья. Подготовка МНЛЗ к очередной кампании.

Литература к теме 2: [1, 2, 3]

Тема 3. Промежуточный ковш как функционально - технологический элемент обеспечения стабильности разливки и качества металла.

Содержание темы 3:

Конструкция и основные технологические параметры промежуточного ковша. Методы дозирования стали при ее окончания из промежуточного ковша в кристаллизатор. Оборудование для скорой замены дозирующих элементов. Огнеупорная футеровка промежуточного ковша, ее эксплуатация и износ. Изостатические огнеупоры для дозирования и ее защиты от вторичного окисления. Огнеупорные материалы, обеспечивающие литья длинными сериями.

Литература к теме 3: [1, 2, 3]

Тема 4. Кристаллизатор МНЛЗ.

Содержание темы 4:

Формирование твердой корочки непрерывнолитой заготовки и теплообмен в кристаллизаторе. Качания (осцилляция) кристаллизатора и влияние ее параметров на

формирование заготовки. Общие положения влияния параметров качания на качество поверхности заготовки. Общие сведения о шлакообразующие смеси и особенности их работы в кристаллизаторе. Системы автоматической подачи смеси. Конструктивные особенности кристаллизаторов МНЛЗ. Конструкционные материалы и покрытия, используются для изготовления рабочих элементов кристаллизатора. Изменение ширины заготовки в слябовых МНЛЗ.

Литература к теме 4: [1, 2, 3]

Тема 5. Зона вторичного охлаждения

Содержание темы 5:

Процессы охлаждения заготовки в ЗВО и общие закономерности формирования твердой фазы. Особенности организации процесса охлаждения поверхности заготовки водой. Системы роликовой поддержки заготовки и современные конструктивные решения. Процессы загибание и разгибание заготовки в ЗВО.

Литература к теме 5: [1, 2, 3]

Тема 6. Агрегаты, которые тянут и выправляют заготовку. Система резки заготовки.

Содержание темы 6:

Назначение агрегата для извлечения заготовки. Особенности процесса исправления заготовки после ее затвердевания. Параметры, обеспечивающие этой процесс. Особенности резки заготовок различной конфигурации.

Литература к теме 6: [1, 2, 3]

Тема 7. Структура, качество и дефекты непрерывнолитого металла.

Содержание темы 7:

Основные дефекты непрерывнолитых заготовок. Образование трещин. Основные виды поверхностных трещин. Причины появления газовых пор на поверхности заготовки

Литература к теме 7: [1, 2, 3]

Тема 8. Влияние внешних динамических воздействий на формирование непрерывнолитых заготовок и их применение на МНЛЗ.

Содержание темы 8:

Электромагнитное перемешивание в процессе непрерывной разливки стали. Общие эффекты при наложении электромагнитного воздействия. Методы наложения электромагнитного поля. Основные эффекты, сопровождающие наложения электромагнитного поля. Системы «мягкого» обжатия заготовки для управления усадочными и ликвационными явлениями.

Литература к теме 8: [1, 2, 3]

Тема 9. Автоматизация процессов непрерывной разливки стали.

Содержание темы 9:

Автоматическое поддержание уровня металла в кристаллизаторе. Системы прогнозирования и предотвращения прорывов твердой корочки. Система динамического сопровождения заготовки по температуре.

Литература к теме 9: [\[1, 2, 3\]](#)

Тема 10. Современные МНЛЗ для производства различных видов металлопродукции.

Содержание темы 10:

Технологические комплексы и современные МНЛЗ для производства сортовых заготовок. Использование сортовых МНЛЗ на мини-заводах. Общая характеристика сортовых МНЛЗ, которые расположены в России. МНЛЗ для разлива блюмов и фасонной заготовки. Современные МНЛЗ для получения сляба. Характеристика слябовых МНЛЗ. Литья металла на тонкие слябы и литейно-прокатные модули. Оборудование и технология для полунепрерывной разливки стали.

Литература к теме 10: [\[1, 2, 3\]](#)

Тема 11. Особенности технологического процесса непрерывной разливки стали.

Содержание темы 11:

Подготовка МНЛЗ к разливке стали. Процесс разливки стали на МНЛЗ. Завершение процесса разливки стали и приема заготовки. Основные аварийные ситуации и возможные неполадки в процессе непрерывной разливки стали на МНЛЗ. Подготовка МНЛЗ к очередной кампании

Литература к теме 11: [\[1, 2, 3\]](#)

3.3 Практические (семинарские) занятия

№ п/п	Тема занятия	Объем, час. очн/заочн	Литература
1	Влияние теплофизических свойств жидкой и твердой стали на процессы формирования заготовки	2/0	[1, 2, 3, 5]
2	Литейные свойства жидкой стали: динамическая вязкость, усадка	4/0	[1, 2, 3, 5]
3	Исследование процессов перемещения стали и перемещения неметаллических включений в проковше МНЛЗ на физической модели	2/2	[1, 2, 3, 5]
4	Определение рабочих свойств шлакообразующих смесей	4/0	[1, 2, 3, 5]
5	Дефекты поверхности безпереволитих заготовок.	2/0	[1, 2, 3, 5]
6	Изучение закономерностей процесса роста твердой корочки в кристаллизаторе МНЛЗ	4/0	[1, 2, 3, 5]
7	Изучение процессов перемещения стали в кристаллизаторе МНЛЗ	4/0	[1, 2, 3, 5]
8	Определение температуры металла при разливке на МНЛЗ	2/0	[1, 2, 3, 5]
9	Расчет толщины корочки в кристаллизаторе, времени	4/2	[1, 2, 3, 5]

	полного затвердевания и металлургической длины МНЛЗ		
10	Расчет производительности МНЛЗ	2/0	[1, 2, 3, 5]
11	Алгоритм выбора ШОС и ее расхода для заданных условий разливки	4/0	[1, 2, 3, 5]
ИТОГО:		34/4	

3.4 Лабораторные работы

В учебном плане не запланировано.

3.5 Самостоятельная работа студента

№ п/п	Виды самостоятельной работы студента	Объем, час. очн/заочн
1	Изучение лекционного материала	15/44
2	Подготовка к практическим занятиям	10/30
3	Подготовка к лабораторным работам	-
4	Выполнение курсового проекта	-
5	Выполнение курсовой работы	27/27
6	Выполнение индивидуального задания	0/9
ИТОГО:		52/110

3.6 Курсовой проект (работа), индивидуальное задание

Курсовая работа выполняется согласно одному из разделов дисциплины и способствует закреплению знаний у студентов. Работой предполагается разработка технологической схемы разливки и компоновки отдельных участков МНЛЗ; расчет технологических параметров и производительности машин; оптимизация технологических параметров по производительности, качеству продукции, технико-экономическим показателям их работы. Выполнение курсовой работы заканчивается оформлением пояснительной записки, содержащей обоснование принятых решений, расчеты и пояснительные эскизы или схемы [\[7\]](#).

Пояснительная записка в общем случае должна состоять из следующих разделов: титульный лист; задание; реферат (на русском языке); содержание; введение (с указанием, на основании каких документов выполнена работа); определение металлургических качеств, назначение и состав сталей; выбор оборудования для производства заданного типа заготовки; индивидуальная часть; описание основных функциональных элементов выбранной МНЛЗ, выбор базовых технологических параметров МНЛЗ (конфигурации технологической оси, количество ручьев, скорости разливки, диаметра стакана-дозатора и др.); расчет производительности и пропускной способности МНЛЗ; математическое моделирование затвердевания стали на заданной МНЛЗ; заключение; перечень использованных источников; приложения.

Предусмотрено выполнение одного индивидуального задания. Методические рекомендации по его выполнению приведены в перечне учебно - методических материалов.

Индивидуальное задание связано с самостоятельным выполнением расчетных работ по темам дисциплины, которые не рассматриваются на лекциях и практических занятиях и изучаются студентом самостоятельно в соответствии с [7].

Объем учебной нагрузки при выполнении индивидуального задания - 9 часов. Рекомендуемый объем пояснительной записки по индивидуальному заданию не более 15 страниц формата А4(210×297мм).

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. 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

1. Опишите основные функциональные и технологические элементы процесса непрерывной разливки стали. Изобразите схематически основные функциональные узлы МНЛЗ.
2. Рассмотрите процесс формирования твердой корочки в кристаллизаторе МНЛЗ и покажите все составляющие элементы (теплоперенос, смазка, качание кристаллизатора и пр.) этого процесса. Для чего используется шлакообразующая смесь и в каком количестве?
3. С какой целью используется защита стали от вторичного окисления при разливке на МНЛЗ, и каким образом она осуществляется на участке сталеразливочный ковш – промковш? Что такое защитная труба (изобразите)?
4. Какие типы (конструкционные) МНЛЗ Вы знаете (вертикальные, радиальные, криволинейные, горизонтальные и пр.)? Кратко охарактеризуйте их преимущества и недостатки. С какой целью применяются многоручьевые МНЛЗ?
5. Что такое конусность внутренней поверхности кристаллизатора? С какой целью она выполняется? Покажите основные зоны износа внутренней поверхности кристаллизатора. С какой целью наносят покрытия на рабочую поверхность кристаллизатора?
6. Каким образом осуществляется разливки стали на слябовых МНЛЗ. С какой целью применяется вертикальный кристаллизатор? Сколько ручьев бывает в слябовых МНЛЗ и какова производительность современных машин?
7. Изобразите и охарактеризуйте основные виды (поперечное сечение) заготовок, которые можно получить на МНЛЗ. С какой целью отливаются заготовки различных сечений? Что такое «фасонный профиль» («собачья кость»)?
8. Что такое выпучивание заготовки в процессе ее формирования на МНЛЗ. Каким образом ограничивается явление выпучивания на промышленных МНЛЗ. Изобразите схематически поддержку заготовки роликами.
9. Каким образом осуществляется разливка стали на сортовых МНЛЗ. Укажите тип машин, скорости литья, число ручьев, геометрические размеры сечений и пр.
10. Что такое промежуточный ковш? Раскройте его назначение, опишите основные функциональные элементы. Какая масса металла может находиться в промковше? От чего она зависит?
11. Что такое «шлакообразующие смеси», и с какой целью они используются в кристаллизаторе? Какой, на Ваш взгляд, может быть расход ШОС на 1 тонну разливаемой стали? Почему на некоторых МНЛЗ в кристаллизаторе используется масло?
12. С какой целью при непрерывной разливке осуществляется технология «мягкого» обжатия? Изобразите схематически расположение блока «мягкого» обжатия.
13. Каким образом осуществляется дозирование стали из промковша в кристаллизатор? Приведите основные схемы.

14. Каким образом осуществляется порезка непрерывнолитой заготовки в процессе литья? Опишите основные методы. Каким образом выполняется порезка широких слэбов?
15. Что такое прилипание твердой корочки металла в кристаллизаторе? К каким негативным последствиям это может приводить? Изобразите схематически, каким образом деформируется твердая корочка в кристаллизаторе.
16. Каким образом осуществляется процесс усреднения металла в проковше? Какие мероприятия предусматриваются для уменьшения тепловых потерь в проковше?
17. Каким образом охлаждается заготовка в зоне вторичного охлаждения? Почему ЗВО выполняется из нескольких ступеней по расходу подаваемой воды? Что такое водовоздушное охлаждение и в чем его отличие от водяного?
18. Каким образом реализуется разливка стали на МНЛЗ длинными сериями? Перечислите какие основные виды отходов (потерь) годного металла имеют место при непрерывной разливке?
19. Каким образом выполняется футеровка проковша (приведите схему)? Какая эксплуатационная стойкость проковша возможна (количество разливаемых плавов) и почему?
20. Каким образом реализуется подача стали в кристаллизатор тонкослябовой МНЛЗ? Что такое литейно-прокатный модуль, и какие преимущества он обеспечивает?
21. Чем отличаются радиальная и криволинейная слэбовые МНЛЗ? Изобразите схематически. Объясните, какие преимущества имеет современная криволинейная МНЛЗ.
22. Рассмотрите функциональное назначение кристаллизатора МНЛЗ. Приведите конструктивные элементы кристаллизатора. Как вы думаете, почему одни кристаллизаторы делаются гильзовыми, а другие сборными (из пластин)?
23. С какой целью выполняется загиб и разгиб заготовки в ЗВО. Покажите схематически. Какие параметры учитываются при выборе параметров загиба-разгиба?
24. Каким образом можно рассчитать толщину твердой корочки в кристаллизаторе, зная его длину и скорость вытяжки заготовки? Каким образом регулируется скорость вытяжки заготовки в сортовых МНЛЗ?
25. Рассмотрите процесс формирования твердой корочки в кристаллизаторе МНЛЗ и покажите все составляющие элементы (телоперенос, смазка, качание кристаллизатора и пр.) этого процесса. Что такое следы качания кристаллизатора и где они располагаются?
26. Опишите основные параметры разливки стали на блюмовых МНЛЗ. Укажите скорости литья, число ручьев МНЛЗ, геометрические размеры сечения и пр.?
27. Каким образом осуществляется процесс усреднения металла в проковше в процессе разливки? Какие мероприятия применяются для уменьшения тепловых потерь металла в проковше? Какова рациональная высота металла в проковше? Объясните почему?
28. Что такое конусность внутренней поверхности кристаллизатора? С какой целью она выполняется? Каким образом реализуется на практике? Что произой-

дет с процессом затвердевания заготовки, если конусность будет недостаточной?

29. Опишите и дайте описание основным видам кристаллической структуры и внутренних дефектов непрерывнолитой заготовки.
30. Опишите основные особенности разливки стали на сортовых МНЛЗ. Укажите скорости литья, число ручьев МНЛЗ, геометрические размеры сечения и пр.? Объясните с какой целью используются многоручьевые МНЛЗ?
31. С какой целью выполняется качание (возвратно-поступательное движение) кристаллизатора? Что оно обеспечивает для процесса литья. С какой примерно амплитудой и частотой качают кристаллизатор? Что такое «время опережения».
32. Каким образом реализуется подача стали в кристаллизатор тонкослябовой МНЛЗ? Что такое литейно-прокатный модуль? Какие преимущества он обеспечивает?
33. Каким образом и с какой целью реализуется разливка стали на МНЛЗ длинными сериями? Какие основные отходы (потери) годного металла при непрерывной разливке? Каким образом осуществляется замена сталеразливочного ковша в процессе непрерывной разливки?
34. Что такое конусность внутренней поверхности кристаллизатора? С какой целью она выполняется? Покажите основные зоны износа внутренней поверхности кристаллизатора. С какой целью наносят покрытия на рабочую поверхность кристаллизатора.
35. Опишите основные функциональные и технологические элементы процесса непрерывной разливки стали. Изобразите схематически основные функциональные узлы МНЛЗ?
36. Назовите основные преимущества использования круглой литой заготовки по сравнению с применением непрерывнолитых блюмов при производстве труб?
37. Каким образом осуществляется разливка стали на сортовых МНЛЗ. Укажите тип машин, скорости литья, число ручьев, геометрические размеры сечений и пр.
38. Сравните производительность ручья МНЛЗ при отливке круглой заготовки и квадрата со стороной, равной диаметру? Дайте характеристику конструктивным особенностям МНЛЗ для отливки круглой заготовки.
39. Что такое «шлакообразующие смеси», и с какой целью они используются в кристаллизаторе? Какой, на Ваш взгляд, может быть расход ШОС на 1 тонну разливаемой стали? Почему на некоторых МНЛЗ в кристаллизаторе используется масло?
40. Полунепрерывная разливка стали.
41. Каким образом охлаждается заготовка в зоне вторичного охлаждения? Почему ЗВО выполняется из нескольких ступеней по расходу подаваемой воды? Что такое водовоздушное охлаждение и в чем его отличие от водяного?
42. Каким образом осуществляется порезка непрерывнолитой заготовки в процессе литья? Опишите основные методы. Каким образом выполняется порезка широких слабов?

Пример экзаменационного билета

ГОУВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»			
Программа:	бакалавриат		
	(бакалавриат, специалитет, магистратура)		
Направление подготовки	22.03.02 «Металлургия»		
	(код, название)		
Профиль (магистерская программа):	Электрометаллургия стали		
	(название)		
Семестр:	7 / 9		
Учебная дисциплина:	Непрерывная разливка стали		

БИЛЕТ № 1

- Опишите основные функциональные и технологические элементы процесса непрерывной разливки стали. Изобразите схематически основные функциональные узлы МНЛЗ.
- Рассмотрите процесс формирования твердой корочки в кристаллизаторе МНЛЗ и покажите все составляющие элементы (теплоперенос, смазка, качание кристаллизатора и пр.) этого процесса. Для чего используется шлакообразующая смесь и в каком количестве?
- С какой целью используется защита стали от вторичного окисления при разливке на МНЛЗ, и каким образом она осуществляется на участке сталеразливочный ковш – промковш? Что такое защитная труба (изобразите)?

Утверждено на заседании кафедры _____ «Электрометаллургия»
(наименование кафедры полностью)

Протокол	№	от	г.
И.о зав. кафедрой	_____	_____	_____
	(подпись)		Заика В.И. (Ф.И.О.)
Экзаменатор	_____	_____	_____
	(подпись)		Салмаш И.Н. (Ф.И.О.)

4.3 Критерии оценивания

Оценивание знаний обучающихся выполняется путем суммирования количества баллов, полученных за текущее обучение, итоговый письменный контроль по дисциплине и научную (самостоятельную) работу. Все формы контроля тесно взаимосвязаны и организованы таким образом, чтобы стимулировать у обучающихся эффективную научную (самостоятельную) работу в течение семестра и обеспечить объективное оценивание их знаний, полученных на протяжении всего периода изучения дисциплины.

I СТРУКТУРА ОЦЕНИВАНИЯ ЗНАНИЙ

Оценивания знаний студентов и распределение баллов по соответствующим формам контроля осуществляется по следующим категориям.

1. Текущее оценивание обучающихся на занятиях

Текущий контроль систематичности и активности работы студентов над изучением дисциплины определяется как сумма баллов, полученных в результате

оценивания соответствующих форм контроля, к которым относятся: присутствие на занятиях (с наличием конспекта лекций), оценивание уровня подготовленности к занятиям, оценка за выполнение индивидуального задания (расчетного или учебно-исследовательского) в соответствии с таблицей 1.

Задачей текущего контроля является проверка понимания и усвоения учебного материала, умений самостоятельно прорабатывать учебный материал базового и углубленного уровней, способности осмыслить содержание темы или раздела дисциплины, приобретенных навыков выполнения расчетных заданий, умений публично и письменно представить результаты самостоятельной работы.

Текущий контроль уровня знаний осуществляется в течение семестра.

Объекты текущего контроля:

- систематичность и активность работы на занятиях;
- качество выполнения заданий для самостоятельной проработки (домашних заданий);
- качество выполнения контрольных заданий.

Формами осуществления текущего контроля являются:

- устные опросы на лекциях и практических занятиях по контрольным программным вопросам текущей и предыдущих тем;
- миниконтрольные работы, которые проводятся в начале занятия;
- экспресс-тестирование по ключевым аспектам тем курса, которое может осуществляться в начале, в процессе или в конце занятия;
- оценка уровня выполнения письменных домашних заданий;
- проверка практических навыков решения проблем (задач), приобретенных студентами в процессе изучения дисциплины;
- оценка степени активности студентов и качества их выступлений и комментариев при проведении дискуссий на занятиях.

Оценке текущего обучения подлежат:

- присутствие студента на лекции или в случае его отсутствия по уважительным причинам наличие полного конспекта по пропущенной теме.
- оценивания знаний студентов на занятиях (миниконтрольные, тестовый опрос, устный опрос) с обязательным выставлением оценки на занятиях. Оценка фиксируется в «Журнале ведения учета знаний студентов за семестр». Миниконтрольные проводятся в начале занятия в течение 20 мин. (максимально), следующая часть занятия проводится в соответствии с планом рабочей программы.

2. Промежуточный письменный контроль

Предусматривается проведение двух промежуточных письменных контрольных работ (№1 и №2) в виде контрольной, перечень вопросов которых охватывает по 50% содержательных тем, определенных рабочей программой. Каждый промежуточный контроль оценивается и в «Журнале ведения учета знаний студентов за семестр» выставляется соответствующее количество баллов (таблица 1).

При выполнении промежуточных контрольных работ оценке подлежат теоретические знания и практические навыки, которые приобрели студенты после изучения определенного тематического раздела.

В состав заданий конкретной промежуточной контрольной работы, согласно специфики специальности, потока, группы, уровня усвоения программного материала студентами, а также в зависимости от степени подготовленности и активности группы, продемонстрированных на предыдущих занятиях, могут, в разном количестве и соотношении, включаться:

- теоретические вопросы нормативного или проблемного характера;
- тестовые задания;
- графоаналитические задачи;
- творческие задания;
- аналитико-расчетные задачи.

Порядок и время проведения промежуточных контрольных работ определяется преподавателем.

Пересдача промежуточных контрольных работ до конца экзаменационной сессии с целью повышения оценки не разрешается.

3. Индивидуальное расчетное или учебно-исследовательское задание

Элементом текущего оценивания знаний студентов является выполнение индивидуального расчетного или учебно-исследовательского задания, которое оценивается в соответствии с таблицей. Условия для индивидуального задания определяются преподавателем, который ведет лекционные занятия.

Объектами контроля являются:

- характер результатов, полученных в процессе выполнения заданий для самостоятельной работы (самостоятельная обработка тем в целом или отдельных вопросов) и озвученных на занятиях;
- уровень подготовки и презентации рефератов, докладов, сообщений, эссе и др.;
- качество подготовки конспектов учебных или научных текстов;
- качество выполнения задач расчетного, научно-исследовательского или прикладного характера.

Основными формами осуществления контроля являются:

- оценка качества выполнения письменных заданий самостоятельной проработки темы в целом или отдельных вопросов, конспектирование учебных и научных текстов;
- оценивание содержания, качества докладов, сообщений, рефератов, эссе и т.п.; проверка уровня проработки индивидуальных заданий расчетного, научно-исследовательского или прикладного характера;
- проверка соблюдения графика выполнения заданий.

4. Научная работа

Студенты, которые принимали активное участие в работе студенческого научного общества, представляли свои научные работы на конференциях или конкурсах по дисциплине или смежным дисциплинам (если таковые имели место в

течение текущего семестра), имеют право дополнительно получить определенное количество баллов к общей оценке итогового контроля успеваемости.

5. Итоговый контроль по дисциплине

Итоговый контроль знаний студентов в соответствии с учебным планом осуществляется в виде экзамена.

Задачей экзамена является проверка понимания студентом программного материала в целом, логики и взаимосвязей между отдельными разделами, способности творчески использовать накопленные знания.

Объектом итогового контроля знаний являются результаты выполнения письменных и устных (при необходимости) экзаменационных задач.

Обязательным условием итогового контроля является то, что в случае завершения дисциплины формой контроля «экзамен» – количество баллов, полученных по результатам сдачи письменной экзаменационной работы, должно быть больше «0». Сдача экзамена в виде автоматического выставления оценки за текущее обучение как стимул регулярного и ритмичного обучения – не допускается.

При оценке результатов экзамена следует руководствоваться следующими рекомендациями:

- «**27-30 баллов**» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученной дисциплины, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой. Как правило, «**27-30 баллов**» выставляется студенту, проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученной дисциплины, безупречно ответившему не только на вопросы билета, но и на дополнительные вопросы (при необходимости) в рамках основной программы дисциплины экзамена, правильно выполнившему практическое задание;

- «**21-26 баллов**» заслуживает студент, обнаруживший полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполняющий предусмотренные в программе задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Как правило, «**21-26 баллов**» выставляется студенту, показавшему систематический характер знаний по дисциплине, ответившему на все вопросы билета правильно выполнившему практическое задание, но допустившему при этом принципиальные ошибки;

- «**15-20 баллов**» заслуживает студент, обнаруживший знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Как правило, «**15-20 баллов**» выставляется студентам, допустившим погрешность в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, либо неправильно выполнившему практическое задание, но по указанию экзаменатора выполнившим другие практические задания из того же раздела дисциплины;

- «**1-14 баллов**» выставляется студенту, обнаружившему серьезные пробелы в знаниях основного материала изученной дисциплины, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Как правило, «**1-14 баллов**» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине, не ответившим на все вопросы билета и дополнительные вопросы, и неправильно выполнившим практическое задание. Неправильное выполнение только практического задания не является однозначной причиной для выставления «**1-14 баллов**».

«**0 баллов**» выставляется если студент:

- после начала экзамена отказался его сдавать;
- нарушил правила сдачи экзамена (списывал, подсказывал, обманом пытался получить более высокую оценку и т.д.).

В случае получения «**0 баллов**» при сдаче экзамена итоговое количество баллов за дисциплину не может превышать **59 баллов**.

У обучающегося имеется возможность (при согласии лектора) отказаться от ранее набранного количества баллов. В этом случае итоговое оценивание осуществляется по результатам сдачи письменной работы на экзамене. Итоговое количество баллов в этом случае определяется пропорционально коэффициента «К», определяемого по формуле:

$$K = B_{\text{Экз.}}^T \cdot (B_{\text{ауд.}} + B_{\text{Экз.}} + B_{\text{пром.}}) / B_{\text{Экз.}} + B_{\text{сам.}},$$

где $B_{\text{Экз.}}^T$ – фактическое количество баллов за письменную экзаменационную работу;

$B_{\text{ауд.}}$ – максимальное количество баллов за аудиторные занятия;

$B_{\text{Экз.}}$ – максимальное количество баллов за письменную экзаменационную работу;

$B_{\text{пром.}}$ – максимальное количество баллов за промежуточный контроль;

$B_{\text{сам.}}$ – максимальное количество баллов за самостоятельную работу.

Максимальное количество баллов, которые студент может получить по каждому содержательному модулю при изучении предмета приведено в таблице 1 «Распределение баллов, которые получают студенты при изучении предмета».

Распределение баллов, которые получают студенты при изучении предмета

Вид деятельности	Количество баллов	
	Очная форма	Заочная форма
Аудиторные занятия*¹, в том числе:	0-60*¹	0-20*¹
- работа на лекционных занятиях	0-30	0-10
- работа на практических (семинарских) занятиях	0-30	0-10
- работа на лабораторных занятиях	-	-

Вид деятельности	Количество баллов	
	Очная форма	Заочная форма
Самостоятельная работа, в том числе:	0-5	0-50
- подготовка к аудиторным занятиям	-	-
- выполнение индивидуального задания	-	0-20
- ведение конспекта	0-5	0-30
Проведение промежуточных контрольных работ, в том числе:	0-5	-
- написание контрольной работы №1	0-2	-
- написание контрольной работы №2	0-3	-
Форма промежуточной аттестации, в том числе:	0-30	0-30
- зачет (подведение результатов работы)	-	-
- экзамен (письменная работа)	0-30	0-30
Дополнительные баллы*²	0-10*²	0-10*²
Итого	0-100	0-100

Примечание:

1) Количество баллов за каждый содержательный раздел делится на следующие категории:

а) лекции:

- посещение занятий 50%;
- активность во время занятий 50%.

б) практические занятия:

- посещение занятий 50%;
- активность во время занятий 50%.

2) Дополнительно предусмотрено получения дополнительных баллов за творческий подход студентом при изучении дисциплины – максимальное количество баллов – 10 (Баллы не учитываются при получении общего суммарного количества баллов по другим видам работ более чем 100). Под творческим подходом подразумевается научная работа по направлению дисциплины (участие в олимпиадах, конкурсах, написание научных статей, выполнение индивидуальных творческих проектов и т.д.).

II ИТОГОВАЯ СЕМЕСТРОВАЯ ОЦЕНКА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Итоговая семестровая оценка по дисциплине по шкале ECTS и национальной выставляется на основании суммарного количества баллов, которые набрал студент в соответствии с таблицей «Шкала оценивания: национальная и ECTS».

Шкала оценивания: национальная и ECTS

Сумма баллов по 100-бальной шкале	Оценка по шкале ECTS	Оценка по государственной шкале
90-100	A	Отлично / зачтено
80-89	B	Хорошо / зачтено
75-79	C	

Сумма баллов по 100-бальной шкале	Оценка по шкале ECTS	Оценка по государственной шкале
70-74	D	Удовлетворительно / зачтено
60-69	E	
35-59	FX	Неудовлетворительно / не зачтено
0-34	F*	

* – с обязательным повторным изучением дисциплины.

4.4 Пример текущего опроса на практических (семинарских) занятиях.

1. Приведите общую схему МНЛЗ. Опишите назначение ее основных элементов. Дайте характеристику основных конструктивных элементов МНЛЗ.
2. Что такое разливка открытой и закрытой струей?
3. Опишите содержание подготовительных и вспомогательных операций при подготовке МНЛЗ к разливке.
4. Опишите технологию старта разливки стали на МНЛЗ.
5. Опишите технологию окончания разливки стали на МНЛЗ.
6. Что такое серийная разливка на МНЛЗ?
7. Приведите и охарактеризуйте основные параметры непрерывной разливки.
8. Охарактеризуйте, назовите основные потери металла при разливке на МНЛЗ.
9. Как рассчитывается производительность МНЛЗ?
10. Как рассчитывается длина жидкой фазы заготовки?

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

- 1 Столяров, А. М. Непрерывная разливка стали. Машины непрерывного литья заготовок: учебное пособие / А. М. Столяров, В. Н. Селиванов. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. — 192 с. — ISBN 978-5-9729-0490-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/98429.html>.
Режим доступа: для авторизир. пользователей
2. Теория и практика применения электрических и магнитных воздействий при непрерывной разливке стали : монография / З. К. Кабаков, Ю. А. Самойлович, Д. И. Габелая [и др.]. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. — 164 с. — ISBN 978-5-9729-0662-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/115176.html>

Режим доступа: для авторизир. пользователей

II. Дополнительная литература

- 3 Габелая, Д. И. Теплофизические основы технологии непрерывной разливки стали : монография / Д. И. Габелая, З. К. Кабаков, Ю. В. Грибкова. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. — 400 с. — ISBN 978-5-9729-0348-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/86651.html>.

Режим доступа: для авторизир. пользователей

6 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебно-методические издания, разработанные в ДонНТУ:

4. Конспект лекций по дисциплине «Непрерывная разливка стали» для обучающихся уровня профессионального образования «бакалавр» по направлению подготовки 22.03.02 «Металлургия», специализация «Электрометаллургия стали» [Электронный ресурс] / Составитель: Салмаш И.Н. – 3 Мб – Донецк: ГОУВПО «ДОННТУ», 2021. – 1 файл. – Систем. требования: AcrobatReader. (доступ через личный кабинет студента).
5. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Непрерывная разливка стали» (для обучающихся уровня профессионального образования «бакалавр» по направлению подготовки 22.03.02 «Металлургия», специализация «Электрометаллургия стали») [Электронный ресурс] / Составители: Троянский А.А., Салмаш И.Н., Заика В.И., Ратиев С.Н. – 385 Кб. – Донецк: ГОУВПО «ДОННТУ», 2021. – 1 файл. – Систем. требования: Acrobat Reader. (доступ через личный кабинет студента). <http://ed.donntu.ru/books/22/m7614.pdf>
6. Методические указания к самостоятельной и индивидуальной работе обучающихся по дисциплине «Непрерывная разливка стали» для обучающихся уровня профессионального образования «бакалавр» по направлению подготовки 22.03.02 «Металлургия», специализация «Электрометаллургия стали» [Электронный ресурс]/ Составитель: Салмаш И.Н. – 347 Кб. – Донецк: ГОУВПО «ДОННТУ», 2021. – 1 файл. – Систем. требования: Acrobat Reader. (доступ через личный кабинет студента)
7. Методические указания к курсовой работе по дисциплине вариативной части учебного плана «Непрерывная разливка стали» [Электронный ресурс] : для обучающихся уровня профессионального образования «бакалавр» по направлению подготовки 22.03.02 «Металлургия», специализация «Электрометаллургия стали» / ГОУВПО «ДОННТУ», каф. металлургии стали и сплавов ; сост.: А. А. Троянский, И.Н. Салмаш, В. И. Заика, С. Н. Ратиев. – Электрон. дан. (1 файл: 330Кб). – Донецк: ДОННТУ, 2021. – Систем. требования: ZIP-архиватор.(доступ через личный кабинет студента). <http://ed.donntu.ru/books/22/m7607.pdf>

Электронно-информационные ресурсы
ЭБС ДОННТУ – <http://donntu.ru/library>
ЭБС IPR SMART – <http://www.iprbookshop.ru>

7 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Лекционные занятия:

1.1. Учебная аудитория №5.264 учебный корпус 5 для проведения занятий лекционного типа. (мультимедийное оборудование: ноутбук HP Compaq nc6120, Операционная система Linux Ubuntu 16.04 (2016), LibreOffice 4.3.0 (2015), видеопроектор Sony VPL-EX4 с экраном ProView 180x180 Matte White; специализированная мебель: доска аудиторная, столы, стулья, демонстрационные стенды, плакаты, макеты и образцы).

2. Практические занятия:

2.1. Учебная аудитория №5.035 ЭШП учебный корпус 5 для проведения практических занятий. (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 модель для моделирования литейных процессов LVMFlow CV4.7r8 (учебная версия, лицензия №8323), разработанная в ДОННТУ компьютерная модель процесса выплавки стали и ферросплавов "ОПАКУЛ", видеопроектор Sony VPL-EX4, экран проекционный ELINSCREENS V119XWS1; специализированная мебель: доска для рисования маркерами, столы и стулья).

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.