



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИММиМ
А.С. Савинов

20.02.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА ЧЕРНЫХ
МЕТАЛЛОВ**

Направление подготовки (специальность)
22.03.02 Metallurgy

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

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт металлургии, машиностроения и материалобработки
Кафедра	Металлургии и химических технологий
Курс	4
Семестр	8

Магнитогорск
2024 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 22.03.02 Metallurgy (приказ Минобрнауки России от 02.06.2020 г. № 702)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Metallurgy and chemical technologies

09.01.2024, protocol № 4

Зав. кафедрой



А.С. Харченко

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ

20.02.2024 г. protocol № 4

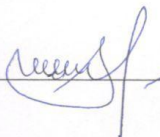
Председатель



А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:

доцент кафедры МиХТ, канд. техн. наук



И.В. Макарова

Рецензент:

доцент кафедры ЛПиМ, канд. техн. наук



И.В. Михалкина

Лист актуализации рабочей программы

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

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.С. Харченко

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

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.С. Харченко

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

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.С. Харченко

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 - 2029 учебном году на заседании кафедры Металлургии и химических технологий

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.С. Харченко

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины «Цифровизация процессов производства черных металлов» является обучение студентов необходимости использования в теории и практике ведения металлургических процессов нахождения оптимальных вариантов работы комплекса металлургических агрегатов и выбора шихтовых материалов, овладение студентами навыками использования цифровых технологий для прогнозирования и оценки ведения технологических процессов.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Цифровизация процессов производства черных металлов входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

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

Моделирование процессов и объектов в металлургии

Разработка цифровых двойников в металлургии

Управление технологическими процессами производства чугуна в доменных печах

Выплавка стали и ферросплавов в электропечах

Производство чугуна

Выплавка стали в конвертере

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

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Производственная - преддипломная практика

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Цифровизация процессов производства черных металлов» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-5	Способен проводить анализ технологий в металлургическом производстве с обоснованием эффективности принятых мер по управлению технологическими параметрами
ПК-5.1	Проводит цифровой анализ технологий в металлургическом производстве, используя прикладные программы

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

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

- контактная работа – 66,2 акад. часов;
- аудиторная – 63 акад. часов;
- внеаудиторная – 3,2 акад. часов;
- самостоятельная работа – 6,1 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. час

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Основы цифровизации процессов производства черных металлов								
1.1 Роль цифровизации в процессах производства черных металлов. Оптимизация как один из методов цифровизации технологических процессов.	8	2				Изучение теоретического материала	Устный опрос	ПК-5.1
1.2 Этапы оптимизации процессов производства черных металлов с использованием прикладных программ цифровизации		2		8		Изучение теоретического материала	Устный опрос	ПК-5.1
1.3 Классические задачи оптимизации		6		12		Проработка теоретического материала. Выполнение практических расчетов.	Выполнение контрольной работы	ПК-5.1
Итого по разделу		10		20				
2. Цифровая оптимизация процессов производства черных металлов с использованием информационных систем обработки данных								
2.1 Особенности использования цифровых технологий в вопросах оптимизации металлургических процессов	8	2				Поиск дополнительной информации с использованием Google Account. Создание групповой презентации	Представление Google-презентации	ПК-5.1

2.2 Постановка задач оптимизации различных этапов производства черных металлов при использовании цифровых технологий		2		5		Проработка лекционного материала, создание Google-документа в среде электронных таблиц	Отчет	ПК-5.1
2.3 Цифровая оптимизация доменного процесса с использованием информационных систем обработки BigData		2		10	1,5	Выполнение кейса "Цифровая оптимизация доменного процесса" с использованием цифровых технологий. Составление презентации по результатам расчета	Защита презентации	ПК-5.1
2.4 Цифровая оптимизация процесса непрерывной разливки стали с использованием информационных систем обработки данных		2		10	4,6	Выполнение кейса "Цифровая оптимизация процесса непрерывной разливки стали" с использованием цифровых технологий. Составление презентации по результатам расчета	Защита презентации	ПК-5.1
Итого по разделу		8		25	6,1			
Итого за семестр		18		45	6,1		экзамен	
Итого по дисциплине		18		45	6,1		экзамен	

5 Образовательные технологии

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Цифровизация процессов производства черных металлов» используются как традиционная и модульно-компетентностная технологии, так и технология проблемного и интерактивного обучения, в том числе с использованием различных цифровых технологий.

С целью реализации компетентностного подхода, а также формирования и развития профессиональных навыков обучающихся реализуются следующие средства, способы и организационные мероприятия:

- изучение теоретического материала дисциплины на лекциях с использованием компьютерных технологий;

- самостоятельное изучение теоретического материала дисциплины с использованием методических разработок, специальной учебной и научной литературы; использованием информационных ресурсов

- формирование и развитие профессиональных навыков обучающихся на практических занятиях, в том числе в среде цифровых коммуникаций.

К интерактивным методам, используемым при изучении дисциплины «Цифровизация процессов производства черных металлов», относятся: использование проблемных методов изложения материала с применением эвристических приемов (создание проблемных ситуаций и др.); а также создание электронных продуктов (презентаций), в том числе групповая работа в среде цифровых технологий.

На занятиях целесообразно использовать технологию коллективного взаимообучения, совмещая ее с технологией проблемного обучения. При этом необходимо повышать познавательную активность студентов, организуя самостоятельную и групповую работу как исследовательскую творческую деятельность в вопросах цифровизации процессов оптимизации процессов производства черных металлов.

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

В изложении лекционного материала и при проведении практических занятий предполагается переход от репродуктивных методов обучения к частично-поисковым и исследовательским методам, развивающим логическое, теоретическое мышление, умение аргументировать и отстаивать собственное понимание вопроса, умение работать в команде. С этой целью возможно использование методов эвристических вопросов и брэйнсторминга (мозговой атаки).

В ходе занятий предполагается использование комплекса инновационных методов активного обучения студентов, включающего в себя:

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

Реализация инновационных методов обучения возможна с использованием следующих приемов:

- инструктаж студентов по составлению таблиц, схем, графиков с проведением последующего их анализа;
- применение рекомендаций по составлению тезисов, конспектов и презентаций

по прочитанному материалу;

- использование заданий для самостоятельной работы с BigData.

При проведении практических занятий необходимо целенаправленно переходить от репродуктивных методов обучения к частично-поисковым и исследовательским методам, развивая логическое мышление, умение аргументировать и отстаивать собственное понимание вопроса. С этой целью возможно использование как традиционной, так проблемной и интерактивной образовательных цифровых технологий.

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

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

1.Аттетков, А. В. Методы оптимизации : учебное пособие / А. В. Аттетков, В. С. Зарубин, А. Н. Канатников. — Москва : РИОР : ИНФРА-М, 2023. — 270 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI: <https://doi.org/10.12737/11456>. - ISBN 978-5-369-01037-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1930702> (дата обращения: 03.04.2024).

2. Бабенышев, С. В. Методы оптимизации: Учебное пособие для курсантов, студентов и слушателей / Бабенышев С.В. - Железнодорожск:ФГБОУ ВО СПСА ГПС МЧС России, 2017. - 122 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/912642> (дата обращения: 03.04.2024). – Режим доступа: по подписке.)

3. Поляков, В. М. Методы оптимизации : учебное пособие / В. М. Поляков, З. С. Агаларов. - 2-е изд. - Москва : Дашков и К, 2022. - 86 с. - ISBN 978-5-394-05003-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1926409> (дата обращения: 03.04.2024). – Режим доступа: по подписке.

б) Дополнительная литература:

1 Смирнов, А. П. Методы оптимизации : алгоритмические основы задач оптимизации : курс лекций / А. П. Смирнов. - Москва : Изд. Дом МИСиС, 2014. - 135 с. - ISBN 978-5-87623-781-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1232249> (дата обращения: 03.04.2024). – Режим доступа: по подписке.

2. Бахвалов, Н. С. Численные методы : учебник / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков. — 9-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 636 с. - (Классический университетский учебник). - ISBN 978-5-00101-836-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1087429> (дата обращения: 03.04.2024). – Режим доступа: по подписке.

в) Методические указания:

1 «Задачи оптимизации в металлургии». Методические указания к

практическим работам по дисциплине «Методы оптимизации» для обучающихся по направлению 22.03.02 «Металлургия» дневной и заочной форм обучения: Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г. И. Носова, 2017. 26 с.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

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

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: http://www1.fips.ru/
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	https://dlib.eastview.com/

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа оснащена:
 - техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийными средствами хранения, передачи и представления учебной информации;
 - специализированной мебелью.
2. Учебная аудитория для проведения практических занятий оснащена:
 - техническими средствами обучения, служащими для представления учебной -
 - техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийными средствами хранения, передачи и представления учебной информации;
 - специализированной мебелью.
3. Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации оснащена:
 - компьютерной техникой с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;
 - специализированной мебелью.
4. Помещение для самостоятельной работы оснащено:
 - компьютерной техникой с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;
 - специализированной мебелью.
5. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования оснащено:
 - специализированной мебелью: стеллажами для хранения учебного оборудования;
 - инструментами для ремонта учебного оборудования;
 - шкафами для хранения учебно-методической документации и материалов.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Вопросы для самопроверки представлены в виде практико-ориентированных заданий для выполнения расчетов для оценки использования производственных и технологических данных с использованием цифровых методов оптимизации. Также вопросы для самопроверки представлены теоретическими вопросами, требующие развёрнутого устного ответа, позволяющие проверить уровень усвоения знаний и освоения общих и профессиональных компетенций по дисциплине.

По дисциплине «Цифровизация процессов производства черных металлов» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Аудиторная самостоятельная работа студентов предполагает решение задач на практических занятиях.

Примерные вопросы для устного опроса по изучаемым темам

- Понятие цифровизации технологических процессов.
- Роль цифровизации в процессах производства черных металлов.
- Оптимизация как один из способов цифровизации технологических процессов.
- Понятие «оптимальный», критерий оптимальности.
- Принцип выбора критерия оптимальности.
- Что такое целевая функция.
- Объяснить необходимость оптимизации технологических процессов.
- Стандартный вид задачи оптимизации.
- Деление задач оптимизации в зависимости от вида уравнений задающих ограничения и целевую функцию.
- Понятие ограничений при решении задачи оптимизации.
- Формулировка ограничений при использовании цифровых технологий для оптимизации процессов производства черных металлов.
- Привести примеры наличия ограничений при оптимизации технологического процесса с использованием цифровых технологий.
- Понятие оптимальности химического состава сырьевых материалов процессов выплавки чугуна и стали.
- Роль и место математической модели при оптимизации производственных процессов.
- Классические задачи оптимизации.
- Стандартный вид задачи оптимизации.
- Цифровые технологии в задачах оптимизации технологических процессов.
- Виды цифровых технологий при обработке больших данных при решении задач оптимизации технологических процессов.
- Особенности использования различных информационных технологий при решении задач оптимизации.
- Порядок решения задачи оптимизации в металлургии при использовании цифровых технологий.
- Сформулировать этапы задачи оптимизации процесса агломерации с целью максимизации производительности агломерационной машины. Обосновать принятые решения. Задачу составить в среде электронных таблиц.
- Сформулировать этапы задачи оптимизации доменного процесса с целью максимизации производительности доменной печи. Обосновать принятые решения. Задачу составить в среде электронных таблиц.
- Сформулировать этапы задачи оптимизации химического состава сырьевых материалов доменного процесса с целью выплавки высококачественного чугуна. Обосновать принятые решения. Задачу составить в среде электронных таблиц.

- Сформулировать этапы задачи оптимизации процесса выплавки стали в кислородном конвертере с целью выплавки низкофосфористой стали. Обосновать принятые решения. Задачу составить в среде электронных таблиц.
- Поставить в общем виде задачу оптимизации расхода топлива в процессе агломерации. Сформулировать и записать ограничения и целевую функцию. Выбрать метод решения. Задачу составить в среде электронных таблиц.
- Поставить в общем виде задачу оптимизации газопроницаемости аглошихты. Выбрать изменяемые параметры. Сформулировать и записать ограничения и целевую функцию. Выбрать метод решения. Задачу составить в среде электронных таблиц.
- Поставить задачу оптимизации расхода ферросплавов на раскисление и легирование стали в общем виде. Сформулировать и записать ограничения и целевую функцию. Выбрать метод решения. Задачу составить в среде электронных таблиц.

Примерные контрольные работы

Подобрать пару лигатур из предложенных ниже для легирования стали с целью обеспечения получения заданного содержания марганца и кремния в металле с минимизацией затрат на легирование. Задачу решить с использованием информационных систем обработки данных.

Таблица 1 – Химический состав и стоимость лигатур для легирования спецсталей

Лигатура	Содержание в лигатуре, %		Стоимость лигатуры уе/т
	Mn ^{лиг}	Si ^{лиг}	
Л1	60	30	1200
Л2	40	50	1400
Л3	50	20	900
Л4	30	10	500
Л5	40	40	1200
Л6	50	10	700
Л7	50	50	1500
Л8	30	60	1500
Л9	90	10	1100
Л10	20	60	1400
Л11	70	20	1100
Л12	30	50	1300
Л13	60	10	800
Л14	20	50	1200
Л15	30	70	1700
Л16	10	40	900
Л17	10	80	1700
Л18	20	80	1800
Л19	80	20	1200
Л20	50	30	1100

Таблица 2 - Содержание марганца и кремния в готовой стали (по вариантам):

№ варианта	[Mn]	[Si]	Емкость ковша, т
1	7	10	100
2	6	2	100
3	4	1	100
4	3	9	100
5	2	5	150
6	1	4	150
7	9	3	150

8	8	1	150
9	10	6	175
10	6	9	175
11	1	8	175
12	4	8	175
13	3	5	200
14	5	3	200
15	5	10	200
16	12	10	200
17	10	5	300
18	2	4	300
19	3	3	300
20	2	10	370
21	10	2	370

«Решение классических задач оптимизации»

1. Исследование процессов с использованием методов линейного программирования. Составить план поставки стали от трех кислородных конвертеров пяти МНЛЗ с минимизацией общей стоимости перевозок для следующих условий: конвертеры выплавляют в сутки соответственно, 24, 18 и 21 ковшей со сталью. Для МНЛЗ требуется, соответственно, 15, 17, 9, 12 и 10 ковшей стали в сутки. Стоимость перевозки одного ковша со сталью от конвертера к МНЛЗ представлены в таблице. Задачу решить с использованием информационных систем.

Поставщики	Потребители				
	1	2	3	4	5
1	2	6	5	3	1
2	1	4	3	0	2
3	1	2	2	3	1

Кейс «Цифровая оптимизация доменного процесса»

Составить и оптимизировать математическую модель по расходу шихтовых материалов с получением чугуна и шлака заданного химического состава, минимизируя затраты на выплавку 1 тонны чугуна.

Таблица 1- Химический состав шихтовых материалов

Наименование	Fe	FeO	Mn	S	P	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	п.п.п.	Стоимость, уе/т
Окатыши												
Михайловские	62,10	1,30	0,05	0,03	0,01	1,72	8,95	0,28	0,59	0,00	0,0	1543
Качканарские	60,90	3,20	0,09	0,08	0,12	1,27	4,05	2,53	1,99	2,45	0,0	1420
ССГПО	62,29	1,35	0,12	0,09	0,05	4,28	3,88	1,28	0,91	0,26	0,0	1457
Лебединские	66,55	1,00	0,12	0,11	0,05	0,27	4,45	0,38	0,15	0,00	0,0	2124
Костамукшские	61,50	1,90	0,08	0,02	0,02	3,30	8,20	0,40	0,20	0,01	0,0	1482

Агломерат												
Агломерат 1	57,90	10,5	0,10	0,02	0,05	8,10	6,50	1,90	3,30	0,0	0,0	1260
Агломерат 2	56,82	9,55	0,15	0,04	0,06	10,25	9,00	0,09	1,06	0,02	0,0	1240
Железная руда												
БРУ (обожж.)	50,00	0,80	2,19	0,11	0,11	1,40	6,63	1,80	13,40		0,0	1025
ССГПО	55,43	22,82	0,02	0,13	0,10	4,02	9,95	2,18	2,42	0,25	2,0	902
Марганцевая руда												
Марганцевая руда 1	1,50	MnO 25,60	40,00	0,08	0,15	3,00	21,10	11,00	2,00	0	5,0	150
Марганцевая руда 2	2,3	MnO 19,2	35,3	0,07	0,19	4,2	25,4	10,7	2,8	0	6,1	130
Кокс												
Зола кокса	6,0					4,3	51,3	25,9	1,05			3528
Флюсы												
Известняк Агаповский	0,80			0,30	0,05	0,02	52,04	0,15	0,02	3,00	0,00	500
Известняк Тургорский	0,52			0,50	0	0,01	54,80	0,54	0,44	0,30		621
Кварцит				0,02			1,00	95,00	2,00			452
Бокситы	14,00	0,00		0,01				10,00	50,00		2,50	105
Бой шамотного кирпича							1,00	55,53	39,01	0,73	1,80	95

Таблица 2 – Ограничения на свойства доменного шлага

Наименование	FeO	$\frac{CaO}{SiO_2}$	$\frac{(CaO+MgO)}{SiO_2+Al_2O_3}$	$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$	MnO	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	$\frac{(CaO+MgO)}{SiO_2}$	TiO ₂
Минимальное	0,00	0,90	0,90	2,00	0,00	25,00	22,00	7,00	5,00	1,10	0,00
Максимальное	2,00	1,20	1,45	7,00	10,00	48,00	48,00	12,00	8,00	1,40	2,00

Таблица 3 – Характеристики чугуна

Состав чугуна, %	[C]	[Si]	[S]	[P]	[Mn]	[Ti]	[Fe]
Принято		0,7	0,02				
Степень восстановления элементов чугуна, ед				1,0	0,6	0,2	0,998

Кейс «Цифровая оптимизация процесса непрерывной разливки стали»

Произвести математическое моделирование зависимости толщины слоя затвердевшего металла на выходе из поддерживающей системы кристаллизатора МНЛЗ от скорости вытягивания заготовки и высоты поддерживающей системы кристаллизатора. Определить оптимальные условия для безаварийной разливки стали марки Ст.1кп на одноручевой МНЛЗ криволинейного типа с вертикальным участком при отливке слябовой заготовки сечением 270×1800 мм и температуре металла в промежуточном ковше машины 1540 °С. В среде электронных таблиц составить необходимые графики, подтверждающие результаты расчетов, сделать презентацию по результатам расчета.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ПК-5: Способен проводить анализ технологий в металлургическом производстве с обоснованием эффективности принятых мер по управлению технологическими параметрами		
ПК-5.1	Проводит цифровой анализ технологий в металлургическом производстве, используя прикладные программы	Примерные теоретические вопросы для подготовки к экзамену: – Понятие цифровизации технологических процессов. – Роль цифровизации в процессах производства черных металлов. – Необходимость использования различных цифровых технологий при оптимизации, контроле и корректировке производственных процессов выплавки чугуна и стали. – Оптимизация как один из способов цифровизации технологических процессов. – Понятие «оптимальный», критерий оптимальности. – Принцип выбора критерия оптимальности. – Что такое целевая функция. – Объяснить необходимость оптимизации технологических процессов. – Стандартный вид задачи оптимизации. – Деление задач оптимизации в зависимости от вида уравнений задающих ограничения и целевую функцию. – Понятие ограничений при решении задачи оптимизации. – Формулировка ограничений при использовании цифровых технологий для оптимизации процессов производства черных металлов. – Привести примеры наличия ограничений при оптимизации технологического процесса с использованием цифровых технологий. – Понятие оптимальности химического состава сырьевых материалов процессов выплавки чугуна и стали. – Роль и место математической модели при оптимизации производственных процессов. – Классические задачи оптимизации. – Стандартный вид задачи оптимизации. – Цифровые технологии в задачах оптимизации технологических процессов.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		– Виды цифровых технологий при обработке больших данных при решении задач оптимизации технологических процессов. – Особенности использования различных информационных технологий при решении задач оптимизации. – Порядок решения задачи оптимизации в металлургии при использовании цифровых технологий. – Сформулировать этапы задачи оптимизации доменного процесса с целью максимизации производительности доменной печи. Обосновать принятые решения. Определить тип информационной системы для решения данной задачи оптимизации. – Сформулировать этапы задачи оптимизации химического состава сырьевых материалов доменного процесса с целью выплавки высококачественного чугуна. Обосновать принятые решения. Определить тип информационной системы для решения данной задачи оптимизации. – Сформулировать этапы задачи оптимизации процесса выплавки стали в кислородном конвертере с целью выплавки низкофосфористой стали. Обосновать принятые решения. Определить тип информационной системы для решения данной задачи оптимизации. – Поставить задачу оптимизации расхода ферросплавов на раскисление и легирование стали в общем виде. Сформулировать и записать ограничения и целевую функцию. Выбрать метод решения. Определить тип информационной системы для решения данной задачи оптимизации. – Цифровые технологии в задачах оптимизации технологических процессов. – Виды цифровых технологий при обработке больших данных при решении задач оптимизации технологических процессов. – Особенности использования различных информационных технологий при решении задач оптимизации. Примерные практические задания для экзамена – Исследовать химический состав исходного сырья на возможность выплавки из него чугуна. Дать рекомендации по оптимизации химического состава сырья.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства																													
		Сформулировать цель оптимизации. Обосновать принятые решения.																													
		<table><tr><td rowspan="2">Вариант</td><td colspan="9">Химический состав ЖРС, %</td></tr><tr><td>Fe</td><td>FeO</td><td>MnO</td><td>S</td><td>P₂O₅</td><td>SiO₂</td><td>Al₂O₃</td><td>CaO</td><td>MgO</td></tr><tr><td>1</td><td>56</td><td>10,5</td><td>0,5</td><td>0,82</td><td>0,62</td><td>9,6</td><td>1,2</td><td>5,12</td><td>1,3</td></tr></table>	Вариант	Химический состав ЖРС, %									Fe	FeO	MnO	S	P ₂ O ₅	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	1	56	10,5	0,5	0,82	0,62	9,6	1,2	5,12	1,3
		Вариант		Химический состав ЖРС, %																											
			Fe	FeO	MnO	S	P ₂ O ₅	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO																				
		1	56	10,5	0,5	0,82	0,62	9,6	1,2	5,12	1,3																				
		– В системе электронных таблиц с использованием вкладки «Поиск решения» составить программу плана поставки стали от трех кислородных конвертеров пяти МНЛЗ с минимизацией общей стоимости перевозок для следующих условий: конвертеры выплавляют в сутки соответственно, 24, 18 и 21 ковшей со сталью. Для МНЛЗ требуется, соответственно, 15, 17, 9, 12 и 10 ковшей стали в сутки. Стоимость перевозки одного ковша со сталью от конвертера к МНЛЗ представлены в таблице.																													
		<table><tr><td rowspan="2">Поставщики</td><td colspan="5">Потребители</td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>6</td><td>5</td><td>3</td><td>1</td></tr><tr><td>2</td><td>1</td><td>4</td><td>3</td><td>0</td><td>2</td></tr><tr><td>3</td><td>1</td><td>2</td><td>2</td><td>3</td><td>1</td></tr></table>	Поставщики	Потребители					1	2	3	4	5	1	2	6	5	3	1	2	1	4	3	0	2	3	1	2	2	3	1
		Поставщики		Потребители																											
			1	2	3	4	5																								
		1	2	6	5	3	1																								
2	1	4	3	0	2																										
3	1	2	2	3	1																										
– Исследовать влияние параметров разливки стали на толщину слоя затвердевшего металла на выходе из кристаллизатора МНЛЗ. Оптимизировать процесс разливки для обеспечения безаварийной разливки стали марки 09Г2С в слябовую заготовку сечением 900*1700мм, высоту кристаллизатора принять 0,9 м, величину перегрева принять на 25⁰С выше температуры ликвидуса. Задачу составить в среде электронных таблиц																															
– Сформулировать ограничения , пределы управляемости и целевую функцию при постановки задачи легирования стали с использованием лигатур. Задачу составить в среде электронных таблиц																															
– Исследовать влияние и оптимизировать изменения параметров доменного процесса на ТЭП доменной плавки. Объяснить эффективность принимаемых решений. Задачу																															

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства											
		составить в среде электронных таблиц											
		Вариант		27.1		27.2		27.3		27.4		27.5	
		Расход кокса в базовом		475		450		460		455		470	
		Производительность доменной		5500		6000		7500		10000		3000	
		Изменяемые	база	ПГ, м³/т	50	t _д , °C	950	Fe в ЖРС, %	58,2	[Mn], %	0,6	M25, %	82,3
		ые	про		70		1000		56,9		0,9		83,2

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания

Промежуточная аттестация по дисциплине «Цифровизация процессов производства черных металлов» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.

Вопросы на экзамен берутся из вопросов по контрольным работам. При сдаче экзамена обучающийся должен продемонстрировать навыки и умения по вопросам оптимизации процессов выплавки чугуна и стали, производства агломерата, обработки и разливки стали. Обучающийся должен показать умение формулировать этапы постановки задачи оптимизации по заданным параметрам, обосновать принятые решения. Обучающийся должен оказать сформированность компетенций в вопросах цифрового анализа технологий в металлургическом производстве, используя прикладные программы.

При выполнении практического задания обучающийся должен показать умение составить математическую модель заданного процесса, работать **в системе электронных таблиц с использованием вкладки «Поиск решения»** для оптимизации задачи по заданным параметрам.

Показатели и критерии оценивания экзамена:

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.