



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

04.02.2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

***МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ***

Направление подготовки (специальность)
22.04.02 Metallurgy

Направленность (профиль/специализация) программы
Металлургические технологии производства черных металлов и сплавов

Уровень высшего образования - магистратура

Форма обучения
заочная

Институт/ факультет	Институт металлургии, машиностроения и материалобработки
Кафедра	Металлургии и химических технологий
Курс	2

Магнитогорск
2025 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 22.04.02 Metallurgy (приказ Минобрнауки России от 24.04.2018 г. № 308)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
Металлургии и химических технологий
29.01.2025, протокол № 5

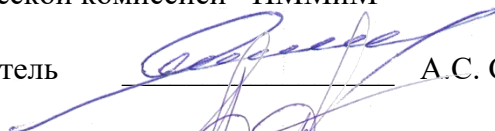
Зав. кафедрой



А.С. Харченко

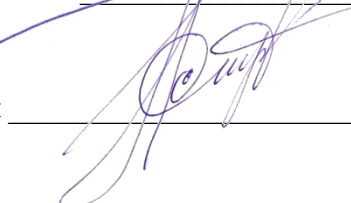
Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ
04.02.2025 г. протокол № 4

Председатель



А.С. Савинов

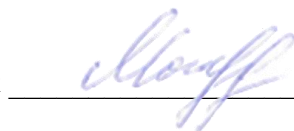
Рабочая программа составлена:
профессор кафедры МиХТ, д-р техн. наук



А.М. Столяров

Рецензент:

доцент кафедры ЛПиМ, канд. техн. наук



О.С. Молочкова

Лист актуализации рабочей программы

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 «Моделирование и оптимизация металлургических процессов» являются формирование определенного уровня компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 22.04.02 «Металлургия»; формирование у обучающихся представлений и навыков по разработке математических моделей металлургических агрегатов и оптимизации технологических процессов производства черных металлов.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Моделирование и оптимизация металлургических процессов входит в обязательную часть учебного плана образовательной программы.

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

Теория процессов производства чугуна

Теория разливки и кристаллизации стали

Теория процессов ковшевой обработки стали

Теория процессов выплавки стали

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

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

Производственная - научно-исследовательская работа

Производственная - преддипломная практика

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Моделирование и оптимизация металлургических процессов» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ОПК-5	Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в отрасли металлургии и смежных областях
ОПК-5.1	Проводит научные исследования для получения базы данных о свойствах металлоизделий широкого назначения с последующей обработкой, анализом и интерпретацией полученных результатов
ОПК-5.2	Оценивает результаты научно-технических разработок по совокупности методологических признаков для выбора оптимальных решений по совершенствованию существующих технологических процессов в металлургической отрасли и смежных областях
ОПК-5.3	Систематизирует и обобщает опыт для обоснования выбора оптимального решения при разработке инновационных технологических процессов в области металлургии и металлообработки

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц 216 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 17 акад. часов;
- аудиторная – 16 акад. часов;
- внеаудиторная – 1 акад. часов;
- самостоятельная работа – 195,1 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;

Форма аттестации - зачет с оценкой

Раздел/ тема дисциплины	Курс	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. Разделы дисциплины								
1.1 Структура процесса моделирования. Сложные системы и модели	2				10	Изучение литературы	Устный опрос	ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3
1.2 Моделирование металлургических процессов с использованием термодинамических и кинетических закономерностей. Экспериментально-статистические модели технологических процессов		3		6	70	Изучение литературы, подготовка к практическим занятиям и индивидуальной работе	Проверка результатов практического занятия. Защита индивидуального задания	ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3
1.3 Использование моделей для исследования, управления и обучения					30	Изучение литературы.	Устный опрос.	ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3
1.4 Оптимизация металлургических процессов на основе математических моделей		3		4	64	Изучение литературы, подготовка к практическим занятиям.	Проверка результатов практического занятия.	ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3
1.5 Примеры моделей металлургических процессов					21,1	Изучение литературы.	Устный опрос.	ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3
Итого по разделу		6		10	195,1			
Итого за семестр		6		10	195,1		зао	
Итого по дисциплине		6		10	195,1		зачет с оценкой	

5 Образовательные технологии

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Моделирование и оптимизация металлургических процессов» используются традиционная и модульно-компетентностная технологии.

Лекции проводятся в традиционной информационной форме и в форме лекций-визуализаций с использованием презентаций в виде видеоматериалов.

На практических занятиях с использованием персональных компьютеров выполняются индивидуальные задания по изучаемому разделу дисциплины. При проведении занятий используется метод контекстного обучения, который позволяет усвоить материал путем выявления связей между конкретным знанием и его применением. Результаты выполненных заданий защищаются и подвергаются коллективному обсуждению с выявлением и анализом проблемных ситуаций.

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

а) Основная литература:

1. Кучеряев, Б. В. Моделирование процессов и объектов в металлургии : учебное пособие / Б. В. Кучеряев, В. Б. Крахт, О. Г. Манухин. — Москва : МИСИС, [б. г.]. — Часть 1 : Моделирование и оптимизация технологических систем — 2004. — 62 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/116999>

б) Дополнительная литература:

1. Кучеряев, Б. В. Моделирование процессов и объектов в металлургии. Моделирование и оптимизация процессов листовой прокатки : учебное пособие / Б. В. Кучеряев, В. Б. Крахт, П. Ю. Соколов. — Москва : МИСИС, 2009. — 63 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/116998>

2. Богатырева, Е. В. Инженерные расчеты в металлургии : учебное пособие / Е. В. Богатырева. — Москва : МИСИС, 2015. — 203 с. — ISBN 978-5-87623-867-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/116602>

3. Салихов, З. Г. АСУ технологическими процессами металлургии: интеллектуальные системы управления горно-металлургическими процессами : учебно-методическое пособие / З. Г. Салихов, И. Т. Кимяев, К. З. Салихов. — Москва : МИСИС, 2011. — 165 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/116690>

4. Зальцман, Э. С. Математическое моделирование тепловых процессов в отливках и формах: учебное пособие / Э. С. Зальцман, В. В. Шемякин. — Москва : МИСИС, 2001. — 84 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/116972>

в) Методические указания:

1. Столяров А.М., Буданов Б.А. Математическое моделирование

двухфакторной зависимости длины лунки жидкого металла в слябовой непрерывнолитой заготовке: Методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Моделирование процессов и объектов в металлургии» для студентов специальности 150101 – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2012. – 8 с.

2. Селиванов В.Н., Столяров А.М. Определение технологических параметров разливки стали на слябовой МНЛЗ – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2010. – 20 с.

3. Селиванов В.Н., Столяров А.М. Определение технологических параметров разливки стали на сортовой МНЛЗ – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2010. – 22 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
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:
 - компьютерная техника с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;
 - 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;

- -

10 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

По дисциплине «Моделирование и оптимизация металлургических процессов» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Аудиторная самостоятельная работа студентов предполагает выполнение групповых или индивидуальных заданий по изучаемому разделу дисциплины

Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся осуществляется в виде изучения литературы по соответствующему разделу дисциплины с проработкой материала, выполнении индивидуального задания на заданную тематику.

Перечень тем для проведения устного опроса:

1. Порядок проведения моделирования металлургических процессов.
2. Основные термодинамические закономерности, используемые при моделировании процессов выплавки чугуна в доменной печи.
3. Основные термодинамические закономерности, используемые при моделировании процессов выплавки стали в кислородном конвертере.
4. Кинетические закономерности, используемые при моделировании процесса обезуглероживания стали.
5. Оценка достоверности стохастических зависимостей для моделирования технологических процессов.
6. В чем особенность статических моделей?
7. Какие особенности имеют динамические модели?
8. В чем сущность содержательного подхода при построении математической модели?
9. Какова сущность статических моделей в металлургии?
10. Каковы особенности динамического моделирования в металлургии?
11. В чем особенность моделей с распределенными параметрами?
12. Методы оптимизации металлургических процессов.
13. Задачи оптимизации металлургических процессов.

Примерный перечень тем индивидуальных заданий

1. Математическое моделирование и оптимизация процесса окисления марганца в кислородно-конвертерной плавке.
2. Математическое моделирование и оптимизация процесса окисления марганца в электродуговой печи.
3. Математическое моделирование и оптимизация процесса разливки стали на слябовой МНЛЗ.
4. Математическое моделирование и оптимизация процесса разливки стали на сортовой МНЛЗ.
5. Математическое моделирование и оптимизация процесса дефосфорации металла в кислородно-конвертерной плавке.
6. Математическое моделирование и оптимизация процесса шлакообразования в кислородном конвертере.
7. Математическое моделирование и оптимизация процесса окисления углерода в кислородно-конвертерной плавке.
8. Математическое моделирование и оптимизация процесса дефосфорации металла в дуговой сталеплавильной печи.
9. Математическое моделирование и оптимизация процесса десульфурации кислородно-конвертерного металла в сталеразливочном ковше твердой шлакообразующей смесью (ТШС).
10. Математическое моделирование и оптимизация процесса десульфурации металла на агрегате «ковш-печь».
11. Математическое моделирование и оптимизация процесса легирования металла в ковше ферромарганцем.
12. Математическое моделирование и оптимизация процесса вакуумной обработки металла.

11 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
ОПК-5: Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в отрасли металлургии и смежных областях		
ОПК-5.1	Проводит научные исследования для получения базы данных о свойствах металлоизделий широкого назначения с последующей обработкой, анализом и интерпретацией полученных результатов	Перечень тем для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации в форме зачета с оценкой: 1. Классификация моделей по назначению. 2. Методы решения оптимизационных задач. 3. Сущность метода крутого восхождения. 4. Сущность симплексного метода. 5. Критерии оптимизации. 6. Порядок проведения моделирования металлургических процессов. 7. Основные термодинамические закономерности, используемые при моделировании процессов выплавки чугуна в доменной печи. 8. Основные термодинамические закономерности, используемые при моделировании процессов выплавки стали в кислородном конвертере. 9. Кинетические закономерности, используемые при моделировании процесса обезуглероживания стали. 10. Оценка достоверности стохастических зависимостей для моделирования технологических процессов.
ОПК-5.2	Оценивает результаты научно-технических разработок по совокупности методологических признаков для выбора оптимальных решений по совершенствованию существующих технологических процессов в металлургической отрасли и смежных областях	Перечень тем индивидуальных заданий 1. Математическое моделирование и оптимизация процесса окисления марганца в кислородно-конвертерной плавке. 2. Математическое моделирование и оптимизация процесса окисления марганца в электродуговой печи. 3. Математическое моделирование и оптимизация процесса разлива стали на слабовой МНЛЗ. 4. Математическое моделирование и оптимизация процесса дефосфорации металла в кислородно-конвертерной плавке. 5. Математическое моделирование и оптимизация процесса шлакообразования в кислородном конвертере. 6. Математическое моделирование и оптимизация процесса окисления углерода в кислородно-конвертерной плавке.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		7. Математическое моделирование и оптимизация процесса дефосфорации металла в дуговой сталеплавильной печи. 8. Математическое моделирование и оптимизация процесса десульфурации кислородно-конвертерного металла в сталеразливочном ковше твердой шлакообразующей смесью (ТШС).
ОПК-5.3	Систематизирует и обобщает опыт для обоснования выбора оптимального решения при разработке инновационных технологических процессов в области металлургии и металлообработки	Пример задания на решение задач из профессиональной области Математическое моделирование и оптимизация процесса окисления марганца в кислородно-конвертерной плавке. Смоделировать зависимость остаточного содержания марганца в металле перед выпуском из конвертера от расхода жидкого чугуна и основности шлака для условий ПАО «ММК». Определить оптимальные условия для получения остаточного содержания марганца в металле не менее 0,08 %.

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Моделирование и оптимизация металлургических процессов» включает защиту индивидуального задания и сдачу зачета с оценкой.

Показатели и критерии оценивания зачета с оценкой:

– 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.