Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 19.06.2025 12:29:39
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет машиностроения

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета машиностроения
_____ /Е.В. Сафонов/
«27» февраля 2025 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Моделирование и оптимизация металлургических процессов

Направление подготовки
22.04.02 Металлургия

Профиль подготовки:
Инновации в металлургии

Квалификация (степень) выпускника
Магистр

Форма обучения
Заочная

Москва – 2025

Разработчик (и):
Доцент кафедры «Металлургия»  Белелюбский Б.Ф.

Согласовано:
Заведующий кафедрой «Металлургия»  Шульгин А.В.

Содержание

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине....4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы....6
3. Структура и содержание дисциплины....6
3.1. Виды учебной работы и трудоемкость....6
3.2. Тематический план изучения дисциплины....6
3.3. Содержание дисциплины....7
3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий....8
3.5. Тематика курсовых проектов (курсовых работ)....8
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение....9
4.1. Нормативные документы и ГОСТы....9
4.2. Основная литература....9
4.3. Дополнительная литература....9
4.4. Электронные образовательные ресурсы....10
4.5. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение....10
4.6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы....10
5. Материально-техническое обеспечение....11
6. Методические рекомендации....11
6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения....11
6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины....11
7. Фонд оценочных средств....12
7.1. Методы контроля и оценивания результатов обучения....12
7.2. Шкала и критерии оценивания результатов обучения....12
7.3. Оценочные средства....14

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Цель – усвоение магистрантами современных методов моделирования и оптимизации, применяемых в металлургии, позволяющих решить задачи оптимального выбора сырья, материалов, оборудования, технологических режимов основных металлургических процессов.

Задачи:

– ознакомление студентов с основными способами моделирования и оптимизации металлургических процессов;

– формирование знаний по основам моделирования процессов и объектов, их оптимизации и совершенствования с использованием методологических основ проведения вычислительного эксперимента; построение математических моделей объекта исследования и определение оптимальных условий функции отклика;

– освоение методик компьютерного моделирования и умение их практического применения к реальным металлургическим процессам;

– подготовка студентов к производственной, проектно-конструкторской и исследовательской деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой магистра по направлению.

Планируемые результаты обучения – расширение научного кругозора в области металлургических наук, на базе которых будущий специалист сможет самостоятельно овладевать всем новым, с чем ему придется столкнуться в профессиональной деятельности.

Обучение по дисциплине «Моделирование и оптимизация технологических процессов» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	**Индикаторы достижения компетенции**
УК-3. Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели	ИУК-3.1. Демонстрирует управленческую компетентность, необходимую для формирования команды и руководства ее работой на основе разработанной стратегии сотрудничества. ИУК-3.2. Планирует, организует, мотивирует, оценивает и корректирует совместную деятельность по достижению поставленной цели с учетом интересов, особенностей поведения и мнений ее членов. ИУК-3.3. Применяет способы, методы и стратегии оптимизации социально-психологического климата в коллективе, предупреждения и разрешения конфликтов, технологии обучения и развития профессиональной и

	коммуникативной компетентности членов команды.
ПК-2. Способен осуществлять контроль монтажа термического оборудования, интегрированного в комплексные системы и производственные линии	ИПК-2.1. Умеет осуществлять контроль монтажа, наладки и испытаний термического оборудования, интегрированного в комплексные системы и производственные линии ИПК-2.1 Знает нормативно-технические и руководящие документы на термическое оборудование, а также технологические процессы и их результаты. ИПК-2.3. Владеет методиками расчета экономической эффективности с применением прикладных программ.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 «Дисциплины (модули)».
«Моделирование и оптимизация технологических процессов» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

- Менеджмент качества;
- Управление инновациями.
- Современное состояние металлургии в России и за рубежом;
- Защита интеллектуальной собственности и патентоведение;
- Методология экспертной оценки действующих производств.

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 часа).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость
(по формам обучения)

3.1.1.Заочная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестр
1	**Аудиторные занятия**	**20**	3
	В том числе:		

1.1	Лекции	4	3
1.2	Семинарские/практические занятия	16	3
1.3	Лабораторные занятия		
2	**Самостоятельная работа**	**124**	3
3	**Промежуточная аттестация**		
	Зачет/диф.зачет/экзамен		КР, Экзамен
	Итого	**144**	3

3.2 Тематический план изучения дисциплины

(по формам обучения)

3.2.1. Заочная форма обучения

п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	Аудиторная работа				Самостоятельная работа
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1	**Раздел 1. Общая методология моделирования**	**30**	**2**				**28**
2	**Раздел 2. Математическое моделирование**	**30**	**2**				**28**
3	**Раздел 3. Имитационные модели исследования сложных систем**	**30**		**2**			**28**
4	**Раздел 4. Оптимизация технических объектов**	**26**		**6**			**20**
5	**Раздел 5. Планирование эксперимента**	**28**		**8**			**20**
	Итого	**144**	**4**	**16**			**124**

3.3 Содержание дисциплины

Раздел 1. Общая методология моделирования

Тема 1**.** Моделирование как сущность исследования сложных объектов. Понятие «модель». Физическое и математическое моделирование. Цели моделирования. Системный подход или системный анализ при моделировании. Математическая модель как основа алгоритмизации компьютерного моделирования.

Раздел 2. Математическое моделирование

Тема 1**.** Основные этапы математического моделирования: постановка задачи, построение модели и проверка ее адекватности, исследование модели (вычислительный эксперимент), анализ результатов моделирования и выработка практических рекомендаций.

Тема 2. Построение функциональных (эмпирических) математических моделей. Регрессионный анализ и метод наименьших квадратов.

Раздел 3. Имитационные модели исследования сложных систем

Тема 1. Общие понятия об имитационных моделях. Построение и эксплуатация имитационных моделей. Методы получения наблюдений. Аппаратно- программные средства имитационного моделирования сложных систем. Подходы к оцениванию качества моделей сложных систем.

Тема 2. Системный подход или системный анализ при моделировании. Математическая модель как основа алгоритмизации компьютерного моделирования. Физическое подобие процессов деформации. Понятие и определение подобия модели и объекта.

Тема 3. Основы математического моделирования и методы оптимизации. Использование математических моделей и ЭВМ в металлургическом производстве.

Раздел 4. Оптимизация технических объектов

Тема 1**.** Постановка задачи оптимизации. Условная и безусловная оптимизация. Обзор методов математического программирования. Линейное, нелинейное и целочисленное программирование.

Тема 2. Оптимизация объекта моделирования методами математического программирования.

Раздел 5. Планирование эксперимента

Тема 1. Основные понятия и определения теории планирования эксперимента. Полные факторные планы испытаний. Дробные факторные планы испытаний.

Тема 2. Составление полиномной математической модели. Расчет коэффициентов модели.

Тема 3. Проверка математической модели на соответствие (адекватность) исследуемому процессу.

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1.Семинарские/практические занятия

Практическое занятие 1. Использование математических моделей и ЭВМ в металлургическом производстве.

Практическое занятие 2. Оптимизация объекта моделирования методами математического программирования.

Практическое занятие 3. Составление полиномной математической модели.

Практическое занятие 4. Проверка математической модели на соответствие (адекватность) исследуемому процессу.

3.4.2.Лабораторные занятия

Учебным планом не предусмотрены

3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Целью курсовой работы является закрепление и углубление знаний по методам моделирования процессов и объектов в металлургии цветных металлов и оптимизации принимаемых решений, приобретение навыков практического использования наиболее распространенных методов решения оптимизационных задач в области металловедения и термической обработки металлов и литейного производства.

В задачи курсовой работы по дисциплине входит:

1) формирование социальных компетенций (способность самостоятельно приобретать новые знания, используя современные информационные технологии, ответственность);

2) развитие у студентов навыков научно-исследовательской работы в области исследования процессов, протекающих при производстве и обработке металлов и их сплавов, постановки и проведения вычислительного эксперимента с помощью

современных компьютерных технологий, принятия экономически и технически обоснованных решений;

3) анализ научно-технической литературы в вопросах моделирования, численных методов и программирования, а также стандартов, справочников, технической документации к программному обеспечению ЭВМ и т. д.

Тема курсовой работы определяется руководителем курсовой работы, согласовывается с профилирующей кафедрой и, как правило, связана с решением конкретных металлургических задач по специальности. Совместно с руководителем составляется план курсовой работы и календарный график ее выполнения. Курсовой проект должен быть выполнен, сдан и защищен перед руководителем до начала сессии

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

При изучении дисциплины не предусмотрены

4.2 Основная литература

а) основная литература:

1. Агеев Н.Г. Моделирование процессов и объектов в металлургии: учебное пособие [Электронный ресурс] / Н.Г. Агеев. – Екатеринбург: Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, 2016. – 108 с. Режим доступа: http://elar.urfu.ru/handle/10995/40658 – Загл. с экрана.

4.3 Дополнительная литература

2. Морозов Ю.А., Верхов Е.Ю., Шульгин А.В. Моделирование процессов и объектов в металлургии: учебное пособие. М.: МГОУ, 2010. 121 с.
3. Горенский Б.М. Моделирование процессов и объектов в металлургии: электрон. учебн.-метод. комплекс дисциплины [Электронный ресурс] / Б.М. Горенский [и др.]. – Электрон. дан. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2008. – Режим доступа : http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/214 – Загл. с экрана.
4. Алиферов А.И. Математическое моделирование и проведение натурного эксперимента: электрон. учебн.-метод. комплекс дисциплины [Электронный ресурс] / А.И. Алиферов [и др.]. – Электрон. дан. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2007. – Режим доступа: http://files.lib.sfu- kras.ru/ebibl/umkd/162 – Загл. с экрана.
5. Компьютерное моделирование: электрон. учебн.-метод. комплекс дисциплины [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2007. – Режим доступа : http://files.lib.sfu- kras.ru/ebibl/umkd/4 – Загл. с экрана.

4.4 Электронные образовательные ресурсы

1. Моделирование и оптимизация технологических процессов
https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=6309

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Наименование	Разработчик ПО (правообладатель)	Доступность (лицензионное, свободно распространяемое)	Ссылка на Единый реестр российских программ для ЭВМ и БД (при наличии)
1.	Мой Офис	ООО "НОВЫЕ ОБЛАЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ"	Лицензионное	https://reestr.digital.gov.ru/reestr/301558/?sphrase_id=943375

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

№	Наименование	Ссылка на ресурс	Доступность
Информационно-справочные системы			
1.	Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http:// www.consultant.ru	Доступно
Электронно-библиотечные системы			
1.	Лань	https://e.lanbook.com/	Доступна в сети Интернет без ограничений
2.	IPR Books	https://www.iprbookshop.ru/	Доступна в сети Интернет без ограничений
Профессиональные базы данных			
1.	База данных научной электронной	http://www.elibrary.ru	Доступно

	библиотеки (eLIBRARY.RU)		
2.	WebofScienceCoreCollection – политематическая реферативно-библиографическая инаукометрическая (библиометрическая) база данных	http://webofscience.com	Доступно

5. Материально-техническое обеспечение

Аудитории кафедры «Металлургия» ав1204, ав1205, ав1206, ав1206а оснащены ноутбуками, проектором, экраном, учебным материалом.

6. Методические рекомендации

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

При организации учебных занятий (лекций, семинаров, практических занятий, лабораторных, самостоятельных и выпускных работ, а также курсового проектирования) следует использовать элементы интерактивного обучения на всех этапах для вовлечения студентов в процесс познания. Для этого целесообразно использовать следующие формы:

– диалоговое обучение, в ходе которого осуществляется взаимодействие преподавателя и студента;

– моделирование, то есть воспроизведение в условиях обучения по данной дисциплине процессов, происходящих в реальности;

– компьютеризация обучения для интенсификации и расширения возможностей образовательного процесса;

– использование средств наглядности: стенды с комплектом учебно-методической литературы, плакаты по темам, натурные образцы, мультимедийные системы, картотеку учебных видеослайдов и видеофильмов и др.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Для максимальной индивидуализации деятельности студента, Учебным планом предусматривается время для самостоятельной работы.

Среди основных видов самостоятельной работы традиционно выделяют: творческую деятельность студента в аудитории, при внеаудиторных контактах с

преподавателем на консультациях и домашней подготовке к лекциям, семинарским и практическим занятиям, зачетам и экзаменам, презентациям и докладам; написание рефератов, выполнение лабораторных и контрольных работ; участие в научной работе и пр.

Цель самостоятельной работы студента – осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свою профессиональную квалификацию.

Планирование времени на самостоятельную работу студентам лучше осуществлять на весь семестр и предусматривать регулярное повторение пройденного учебного материала.

Для более углубленного изучения рекомендуется использовать издания, указанные в списке дополнительной литературы.

7. Фонд оценочных средств

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

Для контроля успеваемости и качества освоения дисциплины настоящей программой предусмотрены следующие виды контроля:

- контроль текущей успеваемости (текущий контроль);
- промежуточная аттестация (зачет).

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

Обязательными условиями подготовки студента к промежуточной аттестации является выполнение студентом всех предусмотренных форм текущего контроля.

Шкала оценивания	Описание
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков, предусмотренных при изучении дисциплины, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Выполнены все обязательные условия подготовки студента к промежуточной аттестации, предусмотренные программой дисциплины. Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: основных способов ОМД, теории процессов, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.
Удовлетвори-тельно	Выполнены все обязательные условия подготовки студента к промежуточной аттестации, предусмотренные программой дисциплины. Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: основных способов ОМД, теории процессов. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.
Неудовлетво-рительно	Не выполнены обязательные условия подготовки студента к промежуточной аттестации, предусмотренные программой дисциплины, ИЛИ Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков, предусмотренных при изучении дисциплины, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

7.3 Оценочные средства

7.3.1. Текущий контроль

В процессе обучения используются оценочные средства рубежного контроля успеваемости и промежуточных аттестаций и следующие виды самостоятельной работы:

- чтение рекомендуемой литературы при подготовке к лекционным, практическим и самостоятельным (контрольным) заданиям;
- бланковое и компьютерное тестирование;
- рефераты, доклады на СНК.

Планирование времени на самостоятельную работу студентам лучше осуществлять на весь семестр и предусматривать регулярное повторение пройденного учебного материала.

Для более углубленного изучения рекомендуется использовать издания, указанные в списке дополнительной литературы.

Для расширения знаний следует использовать также сведения, полученные из Интернет-источников на соответствующих сайтах, а также проводить поиск в различных системах, таких как Yandex, Rambler, и пользоваться специализированными сайтами, такими как www.anticor.ru, http://www.naukaran.ru, http://www.maik.ru и другими, рекомендованными преподавателем на лекционных занятиях.

7.3.2. Промежуточная аттестация

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать
УК-3	Способностью организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
ПК-2	Способностью осуществлять контроль монтажа термического оборудования, интегрированного в комплексные системы и производственные линии

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися

дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

Контрольные вопросы для промежуточной аттестации

1. Моделирование как метод познания. Понятие модели.
2. Физическое и абстрактное моделирование.
3. Охарактеризуйте цели математического моделирования.
4. На что направлены математические методы оптимизации?
5. Этапы построения математических моделей.
6. Классификация математических моделей.
7. Перечислите и кратко поясните сущность методов моделирования.
8. Изложите основные особенности, присущие математическим моделям.
9. Что подразумевают под математической моделью системы?
10. По каким признакам различают модели?
11. Алгоритм составления математической модели.
12. Изложите методологию подготовки системы исходных данных, необходимых при моделировании.
13. Дайте краткую характеристику методов задания условий функционирования модели.
14. Дать сравнительную характеристику методов получения наблюдений при имитационном моделировании.
15. Поясните сущность моделирования случайных факторов, непрерывных и дискретных случайных величин.
16. Изложите порядок разработки имитационной модели. (ОПК-1, ОПК-5
17. Изложите сущность пассивных, активных и косвенных методов повышения качества оценивания показателей
18. Изложите основные понятия о программной реализации имитационных моделей и современных средах имитационного моделирования.
19. Привести основные показатели качества моделей сложных систем.
20. Критерии, применяемые при оптимизации работы оборудования и реализации технологий в металлургии.
21. По какому признаку разделяют входные и выходные параметры в металлургических операциях производства деталей машин?
22. В каком диапазоне может быть коэффициент корреляции и что означает его величина?
23. Как в первом приближении можно подобрать вид эмпирической формулы для описания влияния параметров друг на друга?
24. Последовательность (алгоритм) получения уравнения линейной регрессии по результатам эксперимента.
25. Применение датчиков, измерительных приборов и вычислительных средств в эксперименте.
26. Критерий выбора наилучшего вид эмпирической формулы при описании влияния параметров друг на друга.
27. Алгоритм выбор вида эмпирической формулы по критерию минимума суммы квадратов отклонений.
28. К каким операциям сводится алгоритм решения и определения наилучшего вида и коэффициентов эмпирического уравнения для математического представления результатов инженерного эксперимента?
29. Основная цель планирования инженерного эксперимента.
30. Структура и состав математической модели.
31. Цели и задачи кодирования входных независимых переменных.

32. Систематические и случайные ошибки измерения.
33. Критерии оценки точности и адекватности полученной эмпирической модели технологического процесса.
34. Чем отличается случайный технологический процесс от детерминированного? Случайные процессы происходят в технологии машиностроения?
35. Почему расчеты и оценки характеристик случайных процессов проводят с применением ПК?
36. Зачем вычисляют автокорреляционную функцию?
37. На что указывают частоты спектральной плотности распределения случайного процесса?
38. Какова последовательность расчета построения автокорреляционной функции экспериментальной кривой случайного процесса?
39. Изложите основные цели теории планирования эксперимента.
40. Сущность полных факторных планов испытаний.
41. Дайте краткую характеристику дробных факторных планов испытаний.
42. Проведение анализа и обработки результатов эксперимента.
43. Поясните порядок составления оптимальных планов испытаний)
44. Методика учета и устранения неопределенностей.
45. Соответствие математической модели изучаемому объекту.