Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 09.09.2025 11:14:00
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735885bc44

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 2025г.

РАБОЧАЯПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Моделирование свойств материалов и технологических процессов»

Направление подготовки
22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

Профиль
«Перспективные материалы и технологии»

Квалификация
Бакалавр

Формы обучения
Очная

Москва, 2025 г.

Разработчик:

Доцент, к.т.н.,б/з  /Н.Е. Зорин/

Согласовано:

Заведующий кафедрой «Материаловедение»,
д.т.н, профессор  /В.В. Овчинников/

Содержание

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине…… 4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы……..…… 5
3. Структура и содержание дисциплины…… 5
   3.1. Виды учебной работы и трудоемкость……5
   3.2. Тематический план изучения дисциплины……6
   3.3. Содержание дисциплины……..6
   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. Основная литература……..……9
   4.2. Дополнительная литература……..… 9
   4.3. Электронные образовательные ресурсы……... 10
   4.4. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение……10
   4.5. 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……..12
7. Фонд оценочных средств…….... 13
   7.1. Методы контроля и оценивания результатов обучения……...13
   7.2. Шкала и критерии оценивания результатов обучения……13
   7.3. Оценочные средства…… 13

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Цель дисциплины – формирование знаний о современных принципах, методах и процедурах математического и компьютерного моделирования, прогнозирования и оптимизации состава, структуры и свойств материалов и покрытий, а также параметров технологических процессов производства и обработки материалов.

Задачи дисциплины – освоение основных видов моделирования как формы отражения, описания или имитации действительных объектов, процессов и явлений, принципов, методов и процедур их проведения.

Планируемые результаты обучения– подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра по направлению, в том числе формирование умений систематизировать и обобщать информацию, использовать информационные технологии для решения задач материаловедения и технологии материалов.

Обучение по дисциплине «Моделирование свойств материалов и технологических процессов» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций в соответствии с ФГОС 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов», утверждённым приказом Минобрнауки России от 02.06.2020 N 701:

Код и наименование компетенций	**Индикаторы достижения компетенции**
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	ИУК-1.1. Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие ИУК-1.2. Осуществляет поиск, критически оценивает, обобщает, систематизирует и ранжирует информацию, требуемую для решения поставленной задачи ИУК-1.3. Рассматривает и предлагает рациональные варианты решения поставленной задачи, используя системный подход, критически оценивает их достоинства и недостатки
ПК-2 Способен осуществлять выбор материалов и технологических процессов для получения заданного комплекса свойств	ИПК-2.1 Знает: металлические и неметаллические конструкционные и инструментальные материалы, их свойства, способы упрочнения, технологические возможности термической обработки, методы проведения структурного анализа и определения эксплуатационных свойств деталей и инструментов ИПК-2.2 Умеет: выбирать материалы для деталей машин, приборов и инструментов, вид термической обработки, проводить структурный анализ и измерения показателей, характеризующих эксплуатационные свойства деталей и инструментов, устанавливать причины их отклонения от заданных параметров; ИПК-2.3 Имеет навыки: выбора материалов для различных изделий, вид термической обработки, проведения структурного анализа, измерения показателей, характеризующих

	эксплуатационные свойства деталей и инструментов, устанавливать причины их отклонения от заданных параметров

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательной части блока Б1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

- в обязательной части (Б1.1):
  а) Химия материалов;
  б) Сопротивление материалов;
  в) Теория строения материалов;
  г) Физика;
- в части, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.2):
  а) Металлические материалы;
  б) Технологические процессы получения и обработки материалов;
  в) Стратегия разработки технологических процессов.

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетные единицы (216 часов).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

Очная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры	
			5	6
1	**Аудиторные занятия**	90	54	36
	В том числе:			
1.	Лекции	36	18	18
2.	Семинарские/практические занятия			
3.	Лабораторные занятия	54	36	18
2	**Самостоятельная работа**	126	72	54
	В том числе:			
1.	Подготовка к семинарским/практическими лабораторным занятиям	36	18	18
2.	Самостоятельное изучение	90	72	54
3	**Промежуточная аттестация**			
	Зачет/диф. зачет/экзамен	**зачёт, зачёт**	зачёт	зачёт

	Итого	**216**	**126**	**90**

3.2 Тематический план изучения дисциплины

Тематический план размещён в приложении 1 к рабочей программе.

3.3 Содержание дисциплины

Тема 1. Введение.

Основные определения и терминология, цель, задачи и основные разделы дисциплины. Роль математического и компьютерного моделирования и решения задач оптимизации в комплексной разработке и автоматизации проектирования и подготовки производства в области новых материалов. Структура курса, его место и роль в подготовке специалиста, связь с другими дисциплинами.

Тема 2. Основы моделирования материалов.

Принципы, методы и процедуры моделирования как формы отражения, описания и имитации действительных систем (объектов и процессов). Основные виды моделирования: концептуальное, структурно-функциональное, физическое, математическое и компьютерное (имитационное или программное).

Особенности и возможности математического и компьютерного моделирования, языки имитационного моделирования непрерывных и дискретных систем. Универсальные языки объектно-ориентированного программирования, методология их применения и пакеты программ.

Тема 3. Постановка задач оптимизации и поиск оптимальных решений.

Классификация и постановка задач оптимизации, условия и критерии оптимальности. Построение целевой функции, безусловная оптимизация, линейные и нелинейные ограничения, многокритериальные задачи оптимизации.

Методы решения задач оптимизации: расчетно-аналитические методы, методы поиска оптимума на основе статистических моделей (градиентный метод, метод крутого восхождения, симплексный метод). Составление обобщенных параметров оптимизации. Периодическая оптимизация. Постановка задач оптимального управления.

Тема 4. Методы решения задач оптимизации.

Классификация задач оптимизации. Понятие о численных методах оптимизации. Условия оптимальности в общей задаче оптимизации. Линейное программирование. Свойства задач линейного программирования.Симплекс-метод. Линейное программирование.

Тема 5. Моделирование структуры и свойств материалов и покрытий.

Принципы, методы и процедуры математического и имитационного моделирования структуры и свойств простых и сложных, в том числе композиционных материалов: методы атомных и молекулярных орбиталей, полуэмпирические подходы, принцип аддитивности атомных и групповых вкладов, эмпирические методы, построение статистических моделей по результатам пассивных и активных экспериментов. Использование моделей для решения задач оптимизации состава, структуры и свойств материалов и покрытий.

Тема 6. Оптимизация параметров «состав - структура - технологические и эксплуатационные свойства».

Особенности и примеры построения моделей и решения задач оптимизации состава и структуры основных классов материалов и покрытий (металлических, неметаллических неорганических, углеродных и полимерных) и их основных химических и физических (термодинамических, теплофизических, механических, электрических и магнитных и диффузионных) свойств. Имеющиеся пакеты прикладных программ и базы данных по моделированию и оптимизации материалов и покрытий различных типов (по природе и назначению).

Примеры решения прямых, обратных и сопряженных задач. Прямые, обратные и сопряженные задачи моделирования структуры и свойств материалов и покрытий по типам материалов и процессов.

Тема 7. Общая классификация математических моделей технологических процессов. Общая структура синтеза математических моделей.

Общие принципы, методы и процедуры математического и компьютерного моделирования явлений и процессов в технологии производства, обработки, переработки и соединения материалов и нанесения покрытий с использованием теории подобия, основных соотношений сохранения (балансов) энергии, массы и количества движения, законов равновесной и неравновесной термодинамики, аэрогидродинамики, механики деформируемого твердого тела, химической кинетики, кинетики массо- и теплопереноса, критических явлений и переходов, уравнений математической физики, в том числе современного математического аппарата (методов скейлинга и ренормализационых групп, теории перколяции, геометрии фракталов, уравнения Смолуховского и т.п.) и статистической обработки экспериментальных данных

Тема 8. Структурный синтез статических моделей технологических процессов.

Структура модели. Динамичность. Стохастичность. Нестационарность. Экспериментально-статистические методы математического описания. Основные понятия теории случайных величин. Построение и исследование регрессионных моделей.

Тема 9. Принципы использования аппарата дифференциальных уравнений при структурном синтезе динамических моделей технологических процессов.

Общие сведения о применении дифференциальных уравнений. Моделирование процесса нагрева в термической печи. Моделирование непрерывного литья. Моделирование работы резервуара для хранения жидкостей. Линеаризация нелинейной модели. Метод аналогий.

Тема 10. Временные функции технологических процессов. Понятие о статических и астатических системах.

Важнейшие свойства систем управления и их общая классификация. Функциональная блок-схема систем автоматического регулирования. Свойства технологических объектов управления. Кривые разгона статических и астатических систем.

Тема 11. Преобразование дифференциальных уравнений динамических моделей технологических процессов в операторную форму. Понятие о передаточной функции.

Методы определения характеристик преобразованных случайных функций по характеристикам исходных случайных функций. Линейные и нелинейные операторы. Преобразование Лапласа. Преобразование дифференциальных уравнений динамических моделей технологических процессов в операторную форму. Понятие о передаточной функции

Тема 12. Способы соединения элементов в сложных динамических технологических процессах.

Последовательное соединение. Параллельное соединение. Охват элемента обратной связью. Учет чистого запаздывания.

Тема 13. Параметрическая идентификация математических моделей технологических процессов.

Понятие идентификации. Методы структурной идентификации. Методы проверки гипотезы об адекватности структуры модели. Методы параметрической идентификации (статических, стохастических моделей). Динамические модели.

Тема 14. Решение задач оптимизации параметров технологических процессов.

Особенности и возможности методов и процедур моделирование процессов неупругого (пластического и вязко-упругого) деформирования и вязкого течения, массо- и теплообмена, физических и химических превращений материалов и покрытий (по типам и классам материалов и процессов). Примеры решения прямых, обратных и сопряженных задач моделирования и оптимизации параметров технологических процессов производства, обработки, переработки и соединения материалов и нанесения покрытий по стадиям, операциям и переходам с учетом типа и конструкции оборудования, оснастки, инструмента. Пакеты прикладных программ и базы данных по моделированию и оптимизации параметров технологических процессов (по типам материалов и процессов).

Тема 15. Метод максимума в динамическом программировании технологических процессов.

Каноническая форма разностных уравнений. Формулировка принципа максимума. Принцип максимума в задачах управления. Алгоритм расчёта оптимального управления с помощью принципа максимума. Принцип максимума в задачах о максимальном быстродействии.

3.4 Тематика семинарских/практическихилабораторных занятий

Лабораторное занятие №1 «Определение параметров моделирования методом экспертной оценки»

Лабораторное занятие №2 «Методика оптимизации состава и структуры материала по обобщенным параметрам»

Лабораторное занятие №3 «Решение задачи оптимизации содержания хрома в чугуне методом «Золотого сечения»

Лабораторное занятие №4 «Решение задачи оптимизации содержания меди в чугуне методом «Квадратичной интерполяции»

Лабораторное занятие №5 «Составление обобщенных параметров оптимизации»

Лабораторное занятие №6 «Решение задачи оптимизации содержания хрома и никеля в чугуне методом «Наискорейшего спуска»

Лабораторное занятие №7 «Постановка задач оптимального управления»

Лабораторное занятие №8 «Построение статистической модели численными методами по результатам пассивного эксперимента применительно к параметрам состав – структура - свойства»

Лабораторное занятие №9 «Примеры построения моделей основных химических и физических свойств материалов и покрытий»

Лабораторное занятие №10 «Использование моделей для решения задач оптимизации состава, структуры и свойств материалов и покрытий»

Лабораторное занятие №11 «Применение статистического моделирования для решения экстремальных задач технологии обработки материалов»

Лабораторное занятие №12 «Оптимизация режимов термической обработки»

Лабораторное занятие №13 «Примеры решения прямых, обратных и сопряженных задач моделирования структуры и свойств материалов и покрытий по типам материалов и процессов»

Лабораторное занятие №14 «Формализация основных свойств технологических объектов»

Лабораторное занятие №15 «Применение структурного синтеза статических моделей в металлургическом производстве»

Лабораторное занятие №16 «Построение математической модели процесса нагрева тонкостенной заготовки в термической печи»

Лабораторное занятие №17 «Моделирование работы резервуара для хранения жидкости или жидкой композиции, применяемой в процессе смесеприготовления»

Лабораторное занятие №18 «Моделирование системы регенерации отработанной формовочной смеси»

Лабораторное занятие №19 «Пример моделирования процесса обжига молибденового концентрата»

Лабораторное занятие №20 «Применение активных методов идентификации статических и астатических технологических процессов. Метод площадей»

Лабораторное занятие №21 «Оптимизация систем методами математического программирования»

Лабораторное занятие №22 «Применение канонических уравнений Гамильтона и принципа Гамильтона для решения задач динамического программирования технологических процессов»

3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Курсовые работы по данной дисциплине не предусмотрены.

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Основная литература

1. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование. - М.: Наука. Физматлит, 1997. - 320 с.

2. Капустин Ф.Л., Спиридонова А.М., Жулидов В.Л., Ежов В.Б. Свойства строительных материалов и изделий: Методические указания к лабораторным работам. - Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2005. - 35 с.

3. Черный А.А., Черный В.А. Прогнозирование свойств материалов по математическим моделям: Учебное пособие. - Пенза: Пенз. гос. ун-т, 2007. - 61 с.

4. Дворецкий С.И., Егоров А.Ф., Дворецкий Д.С. Компьютерное моделирование и оптимизация технологических процессов и оборудования. Учебное пособие. Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2003. - 224 с.

5. Зубов Н.Н., Титов В.А. Моделирование и оптимизация технологических процессов: Учебное пособие. - СПб.: Изд-во СПбГУСЭ, 2009. - 183 с.

4.2 Дополнительная литература

1. Циркин А.В. Износостойкие покрытия: свойства, структура, технологии получения: Методические указания к лабораторным работам. – Ульяновск: УлГТУ, 2005. - 27 с.
2. Нагорнов Ю.С. Численные методы моделирования свойств нанокристаллов: учебное пособие. Тольятти: ТГУ, 2012. - 86 с.
3. Ефимов А.М. Оптические свойства материалов и механизмы их формирования: Учебное пособие. - СПб.: СПбГУ ИТМО, 2008. - 103 с.
4. Черный А.А., Черный В.А. Изобретения и совершенствование на их основе процессов и материалов с применением математического моделирования: Учебное пособие. - Пенза: Пензенский гос. ун-т, 2007. - 163 с.
5. Дворецкий С.И., Майстренко А.В. Компьютерное моделирование технологических процессов. Методические указания. - Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2001. - 36 с.
6. Майстренко А.В. Численные методы расчёта, моделирования и проектирования технологических процессов и оборудования: учебное пособие / А.В. Майстренко, Н.В. Майстренко. - Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО "ТГТУ", 2011. - 144 с.
7. Кондратьев А., Филиппов М. Математические моделирование реальных процессов // Компьютерные инструменты в образовании. - СПб.: Изд-во ЦПО "Информатизация образования", 1999, №1, С.3-10.

4.3 Электронные образовательные ресурсы

Проведение занятий и аттестаций возможно в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО-LMS) на основе разработанных кафедрой электронных образовательных ресурсов (ЭОР) по всем разделам программы:

Название ЭОР	Ссылка на курс
Методы моделирования и оптимизации материалов и технологических процессов	https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=12230

4.4 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.	МойОфис	ООО "НОВЫЕ ОБЛАЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ"	Лицензионное	https://reestr.digital.gov.ru/reestr/301558/?sphrase_id=943375

4.5 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

№	Наименование	Ссылка на ресурс	Доступность
Информационно-справочные системы			
1.	Информационные ресурсы Сети	http:// www.consultant.ru	Доступно

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

5. Материально-техническое обеспечение

Номер аудитории	Оборудование
1313	Ноутбук, проектор, экран

6. Методические рекомендации

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

6.1.1. Преподаватель организует преподавание дисциплины в соответствии с требованиями "Положения об организации образовательного процесса в московском политехническом университете и его филиалах", утверждённым ректором университета.

6.1.2. На первом занятии преподаватель доводит до сведения студентов содержание рабочей программы дисциплины (РПД) и предоставляет возможность ознакомления с программой.

6.1.3. Преподаватель особенно обращает внимание студентов на:

- виды и формы проведения занятий по дисциплине, включая порядок проведения занятий с применением технологий дистанционного обучения и системы дистанционного обучения университета (СДО мосполитеха);
- виды, содержание и порядок проведения текущего контроля успеваемости в соответствии с фондом оценочных средств;

- форму, содержание и порядок проведения промежуточной аттестации в соответствии с фондом оценочных средств, предусмотренным РПД.

6.1.4. Доводит до сведения студентов график выполнения учебных работ, предусмотренных РПД.

6.1.5. Необходимо с самого начала занятий рекомендовать студентам основную и дополнительную литературу и указать пути доступа к ней.

6.1.6. Вначале или в конце семестра дать список вопросов для подготовки кпромежуточной аттестации(зачёту).

6.1.7. Рекомендуется факт ознакомления студентов с РПД и графиком работы письменно зафиксировать подписью студента в листе ознакомления с содержание РПД.

6.1.8. Преподаватели, ведущий лекционные и практические занятия, должны согласовывать тематический план практических занятий, использовать единую систему обозначений, терминов, основных понятий дисциплины.

6.1.9. При подготовке **к лабораторному и практическому занятию** по перечню объявленных тем преподавателю необходимо уточнить план их проведения, продумать формулировки и содержание учебных вопросов, выносимых на обсуждение, ознакомиться с перечнем вопросов по теме семинара.

Возможно проведение занятий и аттестаций в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО-LMS). Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

6.2 Методические указания дляобучающихся по освоению дисциплины

6.2.1. Студент с самого начала освоения дисциплины должен внимательно ознакомится с рабочей программой дисциплины.

6.2.2. Студенту необходимо составить для себя график выполнения учебных работ, предусмотренных РПД с учётом требований других дисциплин, изучаемых в текущем семестре.

6.2.3. При проведении занятий и процедур текущей и промежуточной аттестации с использованием инструментов информационной образовательной среды дистанционного образования университета (LMSмосполитеха) как во время контактной работы с преподавателем, так и во время самостоятельной работы студент должен обеспечить техническую возможность дистанционного подключения к системам дистанционного обучения. При отсутствии такой возможности обсудить ситуацию с преподавателем дисциплины.

6.2.4. Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий. Цель самостоятельной работы – практическое усвоение студентами вопросов, рассматриваемых в процессе изучения дисциплины.

Виды внеаудиторной самостоятельной работы:

- самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины;
- подготовка к лекционным занятиям;
- подготовка к семинарам и практическим занятиям;

Для выполнения любого вида самостоятельной работы необходимо пройти следующие этапы:

- определение цели самостоятельной работы;
- конкретизация познавательной задачи;
- самооценка готовности к самостоятельной работе;
- выбор адекватного способа действия, ведущего к решению задачи;
- планирование работы (самостоятельной или с помощью преподавателя) над заданием;

- осуществление в процессе выполнения самостоятельной работы самоконтроля (промежуточного и конечного) результатов работы, и корректировка выполнения работы;
- рефлексия;
- презентация самостоятельной работы.

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, экзамен).

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обученияпри проведении промежуточной аттестации

Форма промежуточной аттестации: зачет.

Шкала оценивания	**Критерии оценивания**
Зачтено	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, 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.
Не зачтено	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, 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

Вид работы	Форма отчетности и текущего контроля
Лабораторные работы	Оформленные отчеты лабораторных работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины с отметкой преподавателя «зачтено», если выполнены и оформлены все работы. Перечень лабораторных работ представлен в пункте 3.4.2 настоящей рабочей программы.

7.3.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация - (зачет) проводится по билетам в устной форме. Регламент проведения аттестации:

- время для подготовки ответа на вопросы не более 40 мин.;
- время на ответ на заданные вопросы не более 10 мин.

Билет состоит из трех теоретических вопросов.

Перечень вопросов к зачету приведен в приложении 2 к рабочей программе.

Приложение 1

Тематический план дисциплины «Моделирование свойств материалов и технологических процессов» по направлению подготовки
22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»
(бакалавр)

n/n	Раздел	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в часах					Виды самостоятельной работы студентов					Формы аттестации	
				Л	П/С	Лаб	СРС	КСР	К.Р.	К.П.	РГР	Реферат	К/р	Э	З
1.	**Введение.** Связь курса с общетеоретическими и специальными дисциплинами. Роль математического и компьютерного моделирования и решения задач оптимизации в комплексной разработке и автоматизации проектирования и подготовки производства в области новых материалов. Основные понятия теории моделирования и оптимизации сложных объектов управления. Формулировка целей моделирования.	5	**1**	2											
2.	**Основы моделирования материалов и технологических процессов.** Объект моделирования и	5	**1**	2											

	определение его границ. Формальные и не формальные методы моделирования (метод экспертных оценок). Оценка управляемости объекта														
	Лабораторное занятие по теме «Определение параметров моделирования методом экспертной оценки»					2									
3.	**Постановка задач оптимизации и поиск оптимальных решений.** Постановка задачи. Однопараметрический локальный поиск. Многопараметрический локальный поиск. Алгоритмы глобального поиска.	5	**2-3**	2											
	Лабораторное занятие по теме «Методика оптимизации состава и структуры материала по обобщенным параметрам»	5				2									
	Лабораторное занятие по теме «Решение задачи оптимизации содержания хрома в чугуне методом «Золотого сечения»	5				2									
	Лабораторное занятие по теме «Решение задачи оптимизации содержания меди в чугуне методом «Квадратичной интерполяции»	5				2									
4.	**Методы решения задач оптимизации.** Классификация задач оптимизации. Понятие о	5	**3-5**	4											

	численных методах оптимизации. Условия оптимальности в общей задаче оптимизации. Линейное программирование. Свойства задач линейного программирования.Симплекс-метод. Линейное программирование.														
	Лабораторное занятие по теме «Составление обобщенных параметров оптимизации»	5				4									
	Лабораторное занятие по теме «Решение задачи оптимизации содержания хрома и никеля в чугуне методом «Наискорейшего спуска»	5				2									
	Лабораторное занятие по теме «Постановка задач оптимального управления»	5				2									
5.	**Моделирование структуры и свойств материалов и покрытий.** Уровни описания структуры конденсированных сред. Соотношение аналитических и компьютерных методов моделирования. Классификация методов моделирования. Метод парных потенциалов. Метод минимизации энергии. Квантово-механические методы моделирования. Методы молекулярной динамики.	5	**5-7**	4											

	Лабораторное занятие по теме «Построение статистической модели численными методами по результатам пассивного эксперимента применительно к параметрам состав – структура - свойства»	5				4									
	Лабораторное занятие по теме «Примеры построения моделей основных химических и физических свойств материалов и покрытий»					4									
6.	**Оптимизация параметров «состав - структура – технологические и эксплуатационные свойства».** Системный подход к решению задач выбора материалов и технологий. Построение математических моделей. Факторы и параметры оптимизации, структура требований, предъявляемых к конструкционным материалам, понятие оптимальности.	5	**7-9**	4											
	Лабораторное занятие по теме «Использование моделей для решения задач оптимизации состава, структуры и свойств материалов и покрытий»	5				2									
	Лабораторное занятие по теме «Применение статистического моделирования для решения экстремальных задач технологии	5				4						+			

	обработки материалов»														
	Лабораторное занятие по теме «Оптимизация режимов термической обработки»	5				2									
	Лабораторное занятие по теме «Примеры решения прямых, обратных и сопряженных задач моделирования структуры и свойств материалов и покрытий по типам материалов и процессов»	5				4						+			
7.	**Общая классификация математических моделей технологических процессов. Общая структура синтеза математических моделей.** Использование моделирования при исследовании и проектировании автоматических систем управления. Постановка задачи моделирования технологических процессов в общем виде. Общая классификация моделей. Структурно-параметрическое описание и назначение параметров объекта.	6	**1**	2											
	Лабораторное занятие по теме «Формализация основных свойств технологических объектов»	6				2									

8.	**Структурный синтез статических моделей технологических процессов.** Структура модели. Динамичность. Стохастичность. Нестационарность. Экспериментально-статистические методы математического описания. Основные понятия теории случайных величин. Построение и исследование регрессионных моделей	6	**2**	2											
	Лабораторное занятие по теме «Применение структурного синтеза статических моделей в металлургическом производстве»	6				2									
9.	**Принципы использования аппарата дифференциальных уравнений при структурном синтезе динамических моделей технологических процессов.** Общие сведения о применении дифференциальных уравнений. Моделирование процесса нагрева в термической печи. Моделирование непрерывного литья. Моделирование работы резервуара для хранения жидкостей. Линеаризация нелинейной модели Метод аналогий.	6	**3**	2											
	Лабораторное занятие по теме «Построение математической	6				2									

	модели процесса нагрева тонкостенной заготовки в термической печи»														
10.	**Временные функции технологических процессов. Понятие о статических и астатических системах.** Важнейшие свойства систем управления и их общая классификация. Функциональная блок-схема систем автоматического регулирования. Свойства технологических объектов управления. Кривые разгона статических и астатических систем.	6	**4**	2											
	Лабораторное занятие по теме «Моделирование работы резервуара для хранения жидкости или жидкой композиции, применяемой в процессе смесеприготовления»	6				2									
11.	**Преобразование дифференциальных уравнений динамических моделей технологических процессов в операторную форму. Понятие о передаточной функции.** Методы определения характеристик преобразованных случайных функций по характеристикам исходных случайных функций. Линейные и	6	**5**	2											

	нелинейные операторы. Преобразование Лапласа. Преобразование дифференциальных уравнений динамических моделей технологических процессов в операторную форму. Понятие о передаточной функции.														
	Лабораторное занятие по теме «Моделирование системы регенерации отработанной формовочной смеси»	6				2									
12.	**Способы соединения элементов в сложных динамических технологических процессах.** Последовательное соединение. Параллельное соединение. Охват элемента обратной связью. Учет чистого запаздывания.	6	**6**	2											
	Лабораторное занятие по теме «Пример моделирования процесса обжига молибденового концентрата»	6				2									
13.	**Параметрическая идентификация математических моделей технологических процессов.** Понятие идентификации. Методы структурной идентификации. Методы проверки гипотезы об адекватности структуры модели. Методы параметрической идентификации (статических,	6	**7**	2											

	стохастических моделей). Динамические модели.														
	Лабораторное занятие по теме «Применение активных методов идентификации статических и астатических технологических процессов. Метод площадей»	6				2									
14.	**Решение задач оптимизации параметров технологических процессов.** Идентификация динамических моделей. Понятие о задаче условной оптимизации. Классификация задач оптимизации параметров технологических процессов. Критерии оптимального управления технологическими процессами.	6	**8**	2											
	Лабораторное занятие по теме «Оптимизация систем методами математического программирования»	6				2									
15.	**Метод максимума в динамическом программировании технологических процессов.** Каноническая форма разностных уравнений. Формулировка принципа максимума. Принцип максимума в задачах управления. Алгоритм расчёта оптимального	6	**9**	2											

	управления с помощью принципа максимума. Принцип максимума в задачах о максимальном быстродействии.														
	Лабораторное занятие по теме «Применение канонических уравнений Гамильтона и принципа Гамильтона для решения задач динамического программирования технологических процессов»	6				2									
	Всего часов по дисциплине	5,6		**36**		**54**	**90**								**3**

Приложение 2

ФОНДОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВПО ДИСЦИПЛИНЕ
«Моделирование свойств материалов и технологических процессов»

Направление подготовки

22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

Образовательная программа (профиль подготовки)

Перспективные материалы и технологии

Вопросы к зачету (семестр 5)

1. Методы математического моделирования и оптимизации.
2. Имитационное моделирование стохастических систем, процессов и участков литейных цехов.
3. Математические модели в металлургии и литейном производстве.
4. Параметрическая идентификация.
5. Использование математических методов и ЭВМ при решении задач курса.
6. Активные методы идентификации.
7. Понятие системы. Внутренние и внешние связи.
8. Пассивные методы идентификации.
9. Примеры систем в литейном производстве.
10. Идентификация систем методом площадей.
11. Свойства систем и их характеристики.
12. Использование авто- и взаимнокорреляционных функций.
13. Классификация систем.
14. Уравнение Винера-Холфа.
15. Методология разработки моделей систем.
16. Адаптивные алгоритмы идентификации.
17. Идентификация и оценка адекватности модели.
18. Задачи оптимизации.
19. Построение математических моделей с использованием дифференциальных уравнений.
20. Условная и безусловная оптимизация.
21. Математические модели систем литейного производства.
22. Обзор методов математического программирования.
23. Описание процессов тепло- и массообмена.
24. Линейное программирование.
25. Описание процессов фазовых превращений, фильтрации и перемешивания.
26. Нелинейное программирование.
27. Структурный синтез сложных разомкнутых и замкнутых систем.
28. Целочисленное программирование.
29. Модели смесеприготовления, плавки и формирования отливок.
30. Принцип максимума.
31. Сетевые модели дискретных систем.
32. Использование принципа максимума на примере оптимального управления процессом непрерывного литья.
33. Описание моделью графа технологических схем производственных процессов.
34. Динамическое программирование.

35. Численные методы моделирования.
36. Использование метода динамического программирования на примере оптимизации процесса нагрева металла.
37. Методика и языки моделирования систем с помощью ЭВМ.
38. Оптимизация системы методом деформированного симплекса.
39. Особенности специализированных пакетов программ моделирования систем.
40. Методика моделирования технологических процессов с распределенными параметрами.

Вопросы к экзамену (семестр 6)

1. Что понимается под объектом моделирования?
2. Что такое гипотеза в моделировании?
3. Дайте определение модели.
4. Что такое математическая модель?
5. Приведите пример аналогии в физических процессах.
6. Дайте классификацию процессов как объектов моделирования.
7. Чем отличаются стохастические процессы от детерминированных?
8. Опишите постановку задачи моделирования в общем виде.
9. Дайте общую классификацию математических моделей.
10. Какова структура модели математического программирования?
11. Что понимают под структурно-параметрическим описанием объекта моделирования?
12. В чем состоит различие между линейными и нелинейными моделями?
13. В каких случаях используется корреляционный коэффициент, а в каких − корреляционное отношение как критерий адекватности модели?
14. Дайте классификацию моделируемых процессов по характеру их протекания.
15. Перечислите основные этапы построения математической модели.
16. Опишите метод активного и пассивного эксперимента. Чем они отличаются?
17. Какой математический аппарат используется при синтезе математических моделей детерминированных процессов?
18. Какие системы относят к системам с распределенными параметрами?
19. Что такое сплошная среда?
20. Каким уравнением в частных производных моделируется процесс теплопереноса?
21. В чем состоит идея метода аналогий?
22. Опишите экспериментально-статистический метод моделирования.
23. Модели каких процессов описываются дифференциальными уравнениями?
24. Сформулируйте, в чем заключается задача регрессионного анализа.
25. Какую величину называют случайной? Опишите основные типы случайных величин.
26. Что такое закон распределения случайной величины?
27. Назовите виды регрессионных зависимостей.
28. Какая характеристика служит для оценки качества линейной модели? Какие она может принимать значения?
29. Опишите суть метода наименьших квадратов.
30. Какая характеристика служит для оценки качества нелинейной модели? Какие она может принимать значения?
31. Что такое корреляция? Какие виды корреляции вы знаете?
32. Как строится линия регрессии?
33. Опишите метод построения гистограммы.
34. В чем заключается содержательный анализ остатков модели?
35. Сформулируйте задачу безусловной оптимизации.

36. Каковы необходимые и достаточные условия оптимальности в задачах одномерной безусловной оптимизации?
37. В чем состоит свойство унимодальной функций?
38. Опишите алгоритм, позволяющий найти начальный отрезок локализации минимума
39. Назовите преимущества и недостатки методов дихотомии, Фибоначчи и золотого сечения.
40. В чем состоит суть интерполяционных методов минимизации?
41. Дайте определение направления убывания. Сформулируйте необходимые и достаточные условия направления убывания.
42. В чем состоит общая идея методов спуска? Укажите хотя бы один метод, являющийся методом спуска.
43. Что такое моно- и мультимодальные функции?
44. Определите хотя бы один отрезок унимодальной функции $f(x) = x - 2x^2 + 0{,}2x^5$.
45. Минимизируйте функцию $f(x) = 3x^2 + 12/x^3 - 5$ на отрезке $0{,}5 \le x \le 2{,}5$, используя а) метод дихотомии, б) метод золотого сечения, в) метод Фибоначчи, г) метод парабол. В каждом случае проведите по четыре вычисления значений функции. Сравните результирующие отрезки локализации минимума.
46. Дана функция Розенброка $f(x) = 100(y - x^2)^2 + (1 - x)^2$ и начальная точка $x(0) = (-1{,}2; 0)$. Найдите точку локального минимума этой функции, пользуясь методом покоординатного спуска, с точностью до 0,2.
47. В процессе поиска точки минимума функции Розенброка получены две первые точки $x(0) = (-1{,}2; 1)$, $x(1) = (-1{,}3; 1{,}07)$. Определите направление поиска из точки x(1), пользуясь следующими градиентными методами: а) методом наискорейшего спуска, б) методом Ньютона.
48. Сформулируйте общую задачу оптимизации.
49. Дайте определение следующих понятий: целевая функция, допустимое множество, допустимая точка, решение задачи оптимизации.
50. Перечислите основные этапы реализации оптимизационной задачи.
51. Охарактеризуйте основные направления применения методов оптимизации в инженерной деятельности.
52. Приведите примеры оптимизационных задач из практики.
53. Дайте классификацию задач оптимизации.
54. В чем отличие локального минимума от глобального? Проиллюстрируйте примером.
55. Дайте определение строгого минимума.
56. Сформулируйте теорему Вейерштрасса о существовании решения задачи оптимизации.
57. Что понимается под характеристиками задачи оптимизации?
58. В чем состоит общая суть всех критериев оптимальности допустимой точки?
59. Укажите все глобальные и локальные экстремумы (если они существуют) следующих функций: а) $f(x) = (2 - x)(x + 1)2$; б) $f(x) = \ln(x^2 + 1)$; в) $f = x - 2\sin x^2$.
60. Сформулируете общую задачу линейного программирования.
61. Чем отличается основная задача линейного программирования от общей?
62. Чем отличается общая задача линейного программирования от канонической?
63. Всегда ли общую задачу линейного программирования можно привести к канонической форме? Опишите метод приведения общей задачи к каноническому виду.
64. Какие ограничения называют жесткими (нежесткими)?
65. Приведите примеры существенных и несущественных ограничений.
66. Чем отличается выпуклый многогранник от выпуклого многогранного множества
67. Дайте определение угловой точки выпуклого многогранного множества.
68. Сформулируйте основную теорему линейного программирования.

69. В чем заключается первая геометрическая интерпретация задачи линейного программирования?
70. В чем состоит идея геометрического метода решения задачи линейного программирования? Для каких задач он применим?
71. В чем заключается вторая геометрическая интерпретация задачи линейного программирования?
72. Дайте определения следующих понятий: опорная точка (опорный план) допустимого множества, базис опорной точки, базисные переменные.
73. Дайте определение двойственной задачи линейного программирования.
74. Каким свойством обладает отношение двойственности?
75. Перечислите основные свойства пары двойственных задач (теоремы двойственности).
76. Каково практическое значение теорем двойственности?
77. Какая из теорем двойственности является критерием оптимальности для задач линейного программирования и в чем ее суть?
78. Дайте содержательную формулировку и математическую постановку транспортной задачи?
79. Что такое условие баланса и какова его роль в транспортных задачах?
80. Сформулируйте задачу целочисленного линейного программирования.
81. Для каких оптимизационных задач применяется метод динамического программирования?
82. В чем заключается суть метода динамического программирования?
83. Сформулируйте принцип оптимальности Беллмана.
84. Дайте понятие идентификации в широком и узком смысле.
85. Опишите структурную схему процесса идентификации.
86. Что понимают под структурной идентификацией?
87. Перечислите методы структурной идентификации и дайте их краткое описание.
88. В чем состоит суть метода параметрической идентификации?
89. Охарактеризуйте особенности идентификации стохастических и динамических моделей.
90. Что является критерием идентичности модели и объекта?
91. Что такое адаптивная и неадаптивная идентификация?
92. Что является предметом структурной идентификации?
93. Какие задачи необходимо решить при выборе структуры объекта?
94. Какова цель параметрической идентификации?
95. Что такое функция локальной невязки?
96. Какие критерии могут быть использованы в качестве суммарной невязки?
97. При каком значении относительной невязки модель считается адекватной?
98. Перечислите источники возникновения и распространения погрешностей.