

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Старченко Ирина Борисовна
Должность: Директор
Дата подписания: 07.10.2026 12:29:57
Уникальный программный ключ:
c8be87237f3aebbe4ddcc4e906d92127f3e8f0d3



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
В Г. ТАГАНРОГЕ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ
(ПИ (филиал) ДГТУ в г. Таганроге)

УТВЕРЖДАЮ

Документ подписан простой электронной подписью
ФИО: Старченко Ирина Борисовна
Должность: И.о. директора
Дата подписания: 28.05.2024 16:05:52
Уникальный программный ключ:
6385544d8b4efae4418758a0e10c0ac973f45ab0

Математические методы моделирования в отрасли

рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за подразделением	Кафедра "Технологии производства стали и сплавов"
Направление подготовки	22.03.02 Металлургия
Направленность (профиль)	22.03.02 Организация процессов производства высокопрочных труб со специальными свойствами и соединениями
Год начала подготовки	2024
Форма обучения	очная
Общая трудоемкость	4 ЗЕТ
Часов по учебному плану	144
Виды контроля в семестрах: Зачет с оценкой 6	

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	6 (3.2)		Итого	
Неделя	14 3/6			
Вид занятий	уп	рп	уп	рп
Лекции	32	32	32	32
Лабораторные	32	32	32	32
Иная контактная работа	0,2	0,2	0,2	0,2
Итого ауд.	64	64	64	64
Контактная работа	64,2	64,2	64,2	64,2
Сам. работа	79,8	79,8	79,8	79,8
Итого	144	144	144	144

Рабочая программа составлена:

Доцент, кандидат технических наук

Палий А.В.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Математические методы моделирования в отрасли

разработана в соответствии с ФГОС ВО:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 22.03.02 Metallurgy (приказ Минобрнауки России от 02.06.2020 г. № 702)

составлена на основании учебного плана по направлению подготовки (специальности) : 22.03.02 Metallurgy, направленность (профиль): Организация процессов производства высокопрочных труб со специальными свойствами и соединениями

утвержденного Учёным советом вуза от 25.04.2024 протокол № 9.

Рабочая программа одобрена на заседании подразделения "Кафедра "Технологии производства стали и сплавов""

Протокол от 30.05.2024 г. № 10

Руководитель учебно-научного подразделения, ответственного за реализацию дисциплины (модуля) "Кафедра "Технологии производства стали и сплавов"":

Заведующий кафедрой

Билан Сергей Иванович

Руководитель учебно-научного подразделения, ответственного за реализацию ОПОП "Кафедра "Технологии производства стали и сплавов"":

Заведующий кафедрой

Билан Сергей Иванович

Рассмотрены и одобрены на заседании научно-методического совета по УГСН

Протокол от г. №

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
1.1	Целью освоения дисциплины "Математические методы моделирования в отрасли" является фундаментальная подготовка специалистов по материаловедению, металлургии и технологии материалов в области организации и проведения научных исследований и практической реализации возможностей математического моделирования и вычислительного эксперимента для повышения эффективности инженерных разработок при создании принципиально новых и совершенствования существующих материалов и технических устройств на их основе.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
2.1.1	Материаловедение
2.1.2	Физика
2.1.3	Высшая математика
2.1.4	Химия
2.2	Дисциплины (модули) и иные компоненты, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
2.2.1	Основы автоматизации металлургического производства
2.2.2	САПР в металлургии
2.2.3	Преддипломная практика (Производственная практика)

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОПОП	
ОПК-1: Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общинженерные знания	
ОПК-1.6: Анализирует и обобщает свойства материалов через моделирование и оптимизацию процессов	
Знать:	
Уровень 1	Основные классы конструкционных материалов (металлы, полимеры, композиты) и их базовые физико-механические характеристики (плотность, предел прочности, модуль упругости). Понятие диаграммы «напряжение–деформация» для упругопластичных тел.
Уровень 2	Фундаментальные законы, связывающие химический состав, микроструктуру и макроскопические свойства материалов (например, уравнение Холла-Петча для зависимости прочности от размера зерна). Основы термодинамики фазовых переходов и кинетики диффузионных процессов в металлах.
Уровень 3	Принципы математического описания поведения материалов на разных масштабных уровнях (от атомарной решетки до мезоуровня): молекулярная динамика, метод конечных элементов (<i>FEM</i>), клеточные автоматы Монте-Карло для прогнозирования структуры. Физико-химическую природу разрушения (усталость, ползучесть, хладноломкость).
Уметь:	
Уровень 1	Считывать данные из справочной литературы и баз данных свойств материалов (например, ГОСТ или <i>Total Materia</i>) для выбора марки стали под заданные условия эксплуатации. Строить простейшие графики зависимостей свойств от химического состава на основе готовых таблиц.
Уровень 2	Интерполировать и экстраполировать экспериментальные данные о свойствах материала с использованием методов регрессионного анализа. Формулировать целевую функцию и ограничения для задачи оптимизации технологического процесса (например, минимизация массы детали при сохранении жесткости).
Уровень 3	Разрабатывать план вычислительного эксперимента (<i>in silico</i>) для исследования влияния нескольких переменных (температура, скорость деформации, легирующие элементы) на комплекс свойств материала. Проводить анализ чувствительности модели к изменению входных параметров и оценивать погрешность предсказания.
Владеть:	
Уровень 1	Навыками работы со стандартными инженерными справочниками и электронными каталогами свойств. Техниккой проведения элементарных расчетов на прочность, изгиб или срез по готовым формулам сопротивления материалов.
Уровень 2	Навыками использования инженерных расчетных пакетов (например, <i>ANSYS Mechanical</i> , <i>Abaqus</i> , <i>Deform</i>) для создания упрощенных двумерных конечно-элементных моделей. Методикой аппроксимации кривых течения металлов степенными функциями для калибровки технологических режимов.
Уровень 3	Навыками написания пользовательских подпрограмм (<i>UMAT</i> , <i>VUMAT</i>) для внедрения новых материальных законов в пакеты прикладных программ. Технологиями топологической оптимизации конструкций (бионический дизайн) и методами многокритериальной оптимизации (<i>Pareto frontier</i>) для поиска компромисса между противоречивыми свойствами (например, прочностью и пластичностью).

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен

3.1	Знать:
-----	--------

3.1.1	методы поиска и анализа априорной информации с использованием современных информационно-коммуникационных технологий, глобальных информационных ресурсов в производственной, научно-исследовательской и расчетно-аналитической деятельности в области материаловедения и технологии материалов; методы моделирования при прогнозировании и оптимизации физических, химических, технологических процессов и свойств материалов, стандартизации и сертификации материалов и процессов, принципы и методики планирования эксперимента, основы теории погрешностей измерений, методы математической обработки экспериментальных данных
3.2	Уметь:
3.2.1	использовать методы поиска и анализа априорной информации с использованием современных информационно-коммуникационных технологий, глобальных информационных ресурсов в производственной, научно-исследовательской и расчетно-аналитической деятельности в области материаловедения и технологии материалов; методы моделирования при прогнозировании и оптимизации физических, химических, технологических процессов и свойств материалов, стандартизации и сертификации материалов и процессов, принципы и методики планирования эксперимента, основы теории погрешностей измерений, методы математической обработки экспериментальных данных
3.3	Владеть:
3.3.1	выбирать и применять соответствующие методы моделирования при прогнозировании и оптимизации физических, химических, технологических процессов и свойств материалов, стандартизации и сертификации материалов и процессов, принципы и методики планирования эксперимента, основы теории погрешностей измерений, методы математической обработки экспериментальных данных; использовать методы поиска и анализа априорной информации с использованием современных информационно-коммуникационных технологий, глобальных информационных ресурсов в производственной, научно-исследовательской и расчетно-аналитической деятельности в области материаловедения и технологии материалов

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)					
Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Распределение часов	Уровень сформированности компетенции	Литература
1	2	3	4	5	6
1	Раздел 1. Виды и уровни моделирования				
1.1	Основные понятия моделирования. Введение. Общие сведения о математическом моделировании. Основные понятия и задачи моделирования. Виды и уровни моделирования. /Лек/	6	2	ОПК-1.6	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
1.2	Л.Р. №1. Знакомство с работой в среде MathCad. Выполнение индивидуального задания. /Лаб/	6	4	ОПК-1.6	Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
1.3	Основные понятия моделирования. Введение. Общие сведения о математическом моделировании. Основные понятия и задачи моделирования. Виды и уровни моделирования. /Ср/	6	8	ОПК-1.6	Л1.2 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
2	Раздел 2. Физическое моделирование объектов.				
2.1	Физическое моделирование объектов: масштабное, аналоговое, натурное. Физико-математические критерии подобия. /Лек/	6	2	ОПК-1.6	Л1.2 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
2.2	Физическое моделирование объектов: масштабное, аналоговое, натурное. Физико-математические критерии подобия. /Ср/	6	8	ОПК-1.6	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
3	Раздел 3. Математическое моделирование объектов				

3.1	Математическое моделирование объектов: понятие, определение, требование к модели, структура модели, классификация математических моделей. Цели математического моделирования для технических объектов и технологических процессов. /Лек/	6	2	ОПК-1.6	Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
3.2	Математическое моделирование объектов: понятие, определение, требование к модели, структура модели, классификация математических моделей. Цели математического моделирования для технических объектов и технологических процессов. /Ср/	6	6	ОПК-1.6	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.5Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
4	Раздел 4. Алгоритм построения модели				
4.1	Алгоритм построения аналитической (теоретической) модели. Алгоритм построения эмпирической (формально-статистической) модели. Краткая характеристика основных этапов алгоритмов построения моделей. /Лек/	6	2	ОПК-1.6	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
4.2	Алгоритм построения аналитической (теоретической) модели. Алгоритм построения эмпирической (формально-статистической) модели. Краткая характеристика основных этапов алгоритмов построения моделей. /Ср/	6	6	ОПК-1.6	Л1.1 Л1.2 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
5	Раздел 5. Математическая обработка результатов экспериментов				
5.1	Основы теории погрешности измерения. Массив экспериментальных результатов. Генеральная совокупность. Выборка, выборочный метод. Основные числовые характеристики статистической выборки и выборочного распределения случайной величины. Первичная математическая обработка экспериментальных данных (абсолютная и относительная погрешность оценки истинного значения, критерий Стьюдента, критерий Смирнова, критерий Фишера). /Лек/	6	4	ОПК-1.6	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
5.2	Л.Р. №2 Статистическая обработка экспериментальных данных. /Лаб/	6	4	ОПК-1.6	Л1.1 Л1.3 Л1.6Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
5.3	Приемы и методы вторичной математической обработки экспериментальных данных. Интерполяция (методы Лагранжа, Ньютона, сплайнов). Экстраполяция. Аппроксимация, критерий аппроксимации, метод наименьших квадратов (МНК), метод неопределенных коэффициентов. Спектральный анализ. Основные виды статистического анализа экспериментальных данных: корреляционный анализ, дисперсионный анализ, регрессионный анализ. /Лек/	6	4	ОПК-1.6	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.5Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2

5.4	Л.Р. №3 Построение одномерной линейной математической модели методом наименьших квадратов (МНК). /Лаб/	6	4	ОПК-1.6	Л1.1 Л1.3 Л1.5Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
5.5	Первичная математическая обработка экспериментальных данных (абсолютная и относительная погрешность оценки истинного значения, критерий Стьюдента, критерий Смирнова, критерий Фишера). Приемы и методы вторичной математической обработки экспериментальных данных. Интерполяция (методы Лагранжа, Ньютона, сплайнов). Экстраполяция. Аппроксимация, критерий аппроксимации, метод наименьших квадратов (МНК), метод неопределенных коэффициентов. Спектральный анализ. Основные виды статистического анализа экспериментальных данных: корреляционный анализ, дисперсионный анализ, регрессионный анализ. /Ср/	6	14	ОПК-1.6	Л1.2 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
6	Раздел 6. Планирование и проведение эксперимента				
6.1	Определение фактора, уровня фактора. Требования к фактору и к совокупности факторов. Выбор уровней факторов. Выбор модели - вида функции отклика. Матрица планирования эксперимента. Полный факторный эксперимент и математическая модель. Учет эффекта факторного взаимодействия. Дробный факторный эксперимент. Проведение эксперимента. Ошибки параллельных опытов, проверка однородности дисперсий. /Лек/	6	2	ОПК-1.6	Л1.2 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
6.2	Л.Р. №4 Полный факторный эксперимент (ПФЭ) для построения линейной регрессионной модели: - на примере задачи газовой цементации стали; - для прогнозирования свойства стали (твердости) от химического состава стали (%С) и режимов термической обработки (t отпуска оС). /Лаб/	6	4	ОПК-1.6	Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
6.3	Определение фактора, уровня фактора. Требования к фактору и к совокупности факторов. Выбор уровней факторов. Выбор модели - вида функции отклика. Матрица планирования эксперимента. Полный факторный эксперимент и математическая модель. Учет эффекта факторного взаимодействия. Дробный факторный эксперимент. Проведение эксперимента. Ошибки параллельных опытов, проверка однородности дисперсий. /Ср/	6	12	ОПК-1.6	Л1.1 Л1.2 Л1.5Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2

6.4	Статистическая обработка экспериментальных данных. Построение линейной регрессионной модели методом МНК. Метод планирования эксперимента при построении эмпирических линейных регрессионных моделей: процесса цементации стали; прогнозирования свойств термически обработанного материала. Подготовка к рейтингу. /Лаб/	6	2	ОПК-1.6	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
7	Раздел 7. Эмпирические регрессионные модели однофакторные и многофакторные				
7.1	Определение коэффициентов регрессии на основе МНК, адекватность и точность регрессионных моделей. Виды регрессионных моделей. Матричный подход к определению коэффициентов регрессии многофакторной модели. Оценка адекватности и точности многофакторной модели. /Лек/	6	2	ОПК-1.6	Л1.1 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
7.2	Определение коэффициентов регрессии на основе МНК, адекватность и точность регрессионных моделей. Виды регрессионных моделей. Матричный подход к определению коэффициентов регрессии многофакторной модели. Оценка адекватности и точности многофакторной модели. /Ср/	6	12	ОПК-1.6	Л1.1 Л1.2 Л1.5Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
8	Раздел 8. Теоретические функциональные модели на основе дифференциальных, алгебраических и трансцендентных уравнений и систем				
8.1	Уравнения математической физики и фундаментальные физические законы сохранения. Уравнение теплопроводности, уравнение диффузии, уравнение состояния, уравнение неразрывности. Начальные и граничные условия при построении теоретической модели. Основные методы решения задач. Аналитический метод, численные методы: сеточные (МКР, МКЭ, МГЭ...) и бессеточный (метод точечных источников поля (МТИ). Полуэмпирический метод, инженерные методы. /Лек/	6	2	ОПК-1.6	Л1.1 Л1.2 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
8.2	Л.Р. №5 Численное решение задачи теплопроводности методом конечных разностей (МКР). /Лаб/	6	4	ОПК-1.6	Л1.2 Л1.3 Л1.5Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2

8.3	Уравнения математической физики и фундаментальные физические законы сохранения. Уравнение теплопроводности, уравнение диффузии, уравнение состояния, уравнение неразрывности. Начальные и граничные условия при построении теоретической модели. Основные методы решения задач. Аналитический метод, численные методы: сеточные (МКР, МКЭ, МГЭ...) и бессеточный (метод точечных источников поля (МТИ). Полуэмпирический метод, инженерные методы. /Ср/	6	2	ОПК-1.6	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
9	Раздел 9. Моделирование технологических процессов и материалов				
9.1	Моделирование процессов масса- и теплопереноса. Моделирование свойств сплава в зависимости от состава и режимов термообработки. /Лек/	6	2	ОПК-1.6	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
9.2	Л.Р. №6 Моделирование теплового поля. Задача об остывании металлического расплава в сталеразливочном ковше. /Лаб/	6	4	ОПК-1.6	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
9.3	Моделирование процессов масса- и теплопереноса. Моделирование свойств сплава в зависимости от состава и режимов термообработки. /Ср/	6	4	ОПК-1.6	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
9.4	Моделирование теплового поля вещества без протекания фазовых переходов. Численное решение задачи теплопроводности методом конечных разностей (МКР). Подготовка к рейтингу. /Лек/	6	4	ОПК-1.6	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
10	Раздел 10. Оптимизация свойств материалов и процессов в материаловедении и металлургии				
10.1	Классификация задач оптимизации. Виды оптимизации. Условия и критерии оптимальности в общей задаче оптимизации. Построение целевой функции, многокритериальные задачи оптимизации. Условная и безусловная оптимизация. Алгоритм построения математических моделей оптимизации. Методы оптимизации: исследование функции на экстремум, численный метод деления пополам, метод градиента, симплекс-метод, метод графов. /Лек/	6	2	ОПК-1.6	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
10.2	Л.Р. №7 Решение оптимизационных задач. Задачи линейного программирования: задача о ресурсах, транспортная задача. /Лаб/	6	6	ОПК-1.6	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2

10.3	Классификация задач оптимизации. Виды оптимизации. Условия и критерии оптимальности в общей задаче оптимизации. Построение целевой функции, многокритериальные задачи оптимизации. Условная и безусловная оптимизация. Алгоритм построения математических моделей оптимизации. Методы оптимизации: исследование функции на экстремум, численный метод деления пополам, метод градиента, симплекс-метод, метод графов. /Ср/	6	5,6	ОПК-1.6	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
11	Раздел 11. Моделирование в условиях неопределенности				
11.1	Модели с плохой организацией. Аналитико-имитационные модели. Элементы теории подобия и теории размерностей. Типы неопределенностей, методы их снятия: Метод экспертной оценки, метод интегральной свертки, построение векторного критерия. /Лек/	6	2	ОПК-1.6	Л1.1 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
11.2	Модели с плохой организацией. Аналитико-имитационные модели. Элементы теории подобия и теории размерностей. Типы неопределенностей, методы их снятия: Метод экспертной оценки, метод интегральной свертки, построение векторного критерия. /Ср/	6	2	ОПК-1.6	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2
12	Раздел 12. Зачетное занятие				
12.1	Зачет /ЗачётСОц/	6	0,2	ОПК-1.6	Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА)

5.1. Контрольные вопросы и задания

Контрольные вопросы и задания прилагаются

5.2. Темы письменных работ

Темы письменных работ прилагаются

5.3. Оценочные материалы (оценочные средства)

Прилагаются

5.4. Перечень видов оценочных средств

Перечень примерных контрольных вопросов для зачета.
Контрольные вопросы для защиты лабораторных работ

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество
Л1.1	Захаров, Ю.В.	Математическое моделирование технологических систем.: Учеб. пособие	Йошкар-Ола: Поволжский государственный технический университет,, 2015	ЭБС
Л1.2	Агеев Н. Г., Набойченко С. С.	Моделирование процессов и объектов в металлургии: Учебное пособие	Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2016	ЭБС

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество
Л1.3	Зариковская Н. В.	Математическое моделирование систем: Учебное пособие	Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2014	ЭБС
Л1.4	Семенов М. Е., Некрасова Н. Н., Канищева О. И., Барсуков А. И., Попов М. А.	Математическое моделирование и дифференциальные уравнения: Учебное пособие для магистрантов всех направлений подготовки	Воронеж: Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2017	ЭБС
Л1.5	Ахмадиев Ф. Г., Гильфанов Р. М.	Математическое моделирование и методы оптимизации: Учебное пособие	Казань: Казанский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2017	ЭБС
Л1.6	Зарубин, В.С.	Математическое моделирование в технике: Учеб. для вузов	М.: МГТУ, 2001	ЭБС

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество
Л2.1	Коробова Л. А., Бугаев Ю. В., Черняева С. Н., Сафонова Ю. А.	Математическое моделирование. Практикум: Учебное пособие	Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2017	ЭБС
Л2.2	Горлач Б. А., Шахов В. Г.	Математическое моделирование. Построение моделей и численная реализация	, 2018	ЭБС
Л2.3	Шумейко, Виктор Иванович, Краснобаев, И. А.	Деформация. Релаксация. Прочность. Математическое моделирование свойств материалов: учеб. пособие: учеб. пособие	Ростов н/Д.: РГСУ, 2007	ЭБС
Л2.4	Зарубин, В.С.	Математическое моделирование в технике: учеб. пособие для вузов: учеб. пособие для вузов	М.: МГТУ, 2003	ЭБС
Л2.5	Никулин, К.С	Математическое моделирование в системе Mathcad: лабораторный практикум; учебное пособие: учебное пособие	Москва: Альтаир МГАВТ, 2008	ЭБС

6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество
Л3.1	Пакулин В. Н.	Решение задач оптимизации управления с помощью MS Excel 2010	Москва: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016	ЭБС
Л3.2	Фурсова, И. Н.	Моделирование процессов ОВиК: метод. указания к практ. занятиям: метод. указания к практ. занятиям	Ростов н/Д.: РГСУ, 2011	ЭБС

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	ЭБС "Научно-техническая библиотека ДГТУ"
Э2	Научная электронная библиотека E-Library

6.3 Перечень информационных технологий

6.3.1 Перечень программного обеспечения

6.3.1.1	1С: Предприятие
6.3.1.2	7-Zip

6.3.2 Перечень информационных справочных систем, профессиональные базы данных

6.3.2.1	Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» http://www.biblioclub.ru
6.3.2.2	Электронно-библиотечная система IPRbooks: http://www.iprbookshop.ru
6.3.2.3	Электронная библиотека технического ВУЗа ООО «Политехресурс»
6.3.2.4	Электронно-библиотечная система «Лань», http://www.e.lanbook.com

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Специальные помещения представляют собой учебные аудитории для проведения всех занятий по дисциплине, предусмотренных учебным планом и содержанием РПД. Помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения согласно требованиям ФГОС, в т.ч.:

7.1	Учебная аудитория для проведения учебных занятий, предусмотренных программой бакалавриата.
7.2	Комплект учебной мебели: столы, стулья, доска, проектор, экран, компьютер
7.3	Учебные наглядные пособия (таблицы, плакаты);
7.4	Комплект учебно-методической документации.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины прилагаются к рабочей программе.