

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ДонГТУ»)

Факультет	информационных технологий и автоматизации производственных процессов
Кафедра	электромеханики им. А. Б. Зеленова



УТВЕРЖДАЮ
И. о. проректора по
учебной работе
Д. В. Мулов

Математическое моделирование в мехатронике
(наименование дисциплины)

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
(код, наименование направления)

Автоматизированные электромеханические комплексы и системы
(наименование магистерской программы)

Квалификация	магистр (бакалавр/специалист/магистр)
--------------	--

Форма обучения	очная, заочная (очная, очно-заочная, заочная)
----------------	--

Алчевск, 2024

1 Цели и задачи изучения дисциплины

Цель дисциплины: формирование навыков использования методов математического моделирования для описания мехатронных и робототехнических систем, а также использования пакетов прикладных математических программ для решения научных и инженерных задач, формирование основных научно-практических, общесистемных знаний в области моделирования мехатронных и робототехнических систем.

Задачи изучения дисциплины: формирование базы знаний в области разработки моделей мехатронных и робототехнических систем, создание условий, обеспечивающих овладение студентами навыками, умениями и приобретение ими опыта при создании и анализе математических моделей систем, изучение вопросов применения различных способов и средств моделирования мехатронных и робототехнических систем.

Дисциплина направлена на формирование компетенций ОПК-1, ОПК-2, ПК-2 выпускника.

2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Логико-структурный анализ дисциплины: курс входит в БЛОК 1 «Дисциплины (модули)», часть блока 1 «Элективные дисциплины» подготовки студентов по направлению 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника (магистерская программа «Автоматизированные электромеханические комплексы и системы»).

Для изучения дисциплины необходимы компетенции, сформированные у студента в результате освоения дисциплин ООП подготовки бакалавра: «Информатика», «Моделирование электромеханических систем».

Приобретенные в процессе изучения дисциплины знания и практические навыки являются базой для изучения специальных дисциплин при подготовке специалиста по направлению 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 5,5 зачетных единицы, 198 ак. ч. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (54 ак.ч. для групп ЭМС, 6 ак. ч. для группы ЭМС-з), практические работы (36 ак.ч. для групп ЭМС, 6 ак. ч. для группы ЭМС-з) и самостоятельная работа студента (108 ак.ч. для групп ЭМС, 186 ак.ч. для группы ЭМС-з).

Дисциплина изучается на 2 курсе в 3 семестре для группы ЭМС и на 2 курсе в 4 семестре для группы ЭМС-з. Форма промежуточной аттестации – экзамен.

3 Перечень результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Процесс изучения дисциплины «Математическое моделирование в мехатронике» направлен на формирование компетенций, представленных в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Компетенции, обязательные к освоению

Содержание компетенции	Код компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки	ОПК-1	ОПК-1.1. Формирует цели и задачи исследования. ОПК-1.2. Определяет последовательность решения задач. ОПК-1.3. Формирует критерии принятия решения
Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	ОПК-2	ОПК-2.2 Проводит анализ полученных результатов; ОПК-2.3 Представляет результаты выполненной работы
Способен участвовать в проектировании объектов профессиональной деятельности	ПК-1	ПК-1.3. Демонстрирует понимание взаимосвязи задач проектирования и эксплуатации

4 Объём и виды занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 5,5 зачётных единицы, 198 ак. ч.

Самостоятельная работа студента (СРС) включает проработку материалов лекций, подготовку к лабораторным работам, текущему контролю, самостоятельное изучение материала и подготовку к зачету.

При организации внеаудиторной самостоятельной работы по данной дисциплине используются формы и распределение бюджета времени на СРС для очной формы обучения в соответствии с таблицей 4.1.

Таблица 4.1 – Распределение бюджета времени на СРС

Вид учебной работы	Всего ак. ч.	Ак .ч. по семестрам
		3
Аудиторная работа, в том числе:	90	81
Лекции (Л)	54	18
Практические занятия (ПЗ)	36	45
Лабораторные работы (ЛР)	–	18
Курсовая работа/курсовой проект	–	–
Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:	108	45
Подготовка к лекциям	27	27
Подготовка к лабораторным работам	–	–
Подготовка к практическим занятиям / семинарам	18	18
Выполнение курсовой работы / проекта	–	–
Расчетно-графическая работа (РГР)	0	0
Реферат (индивидуальное задание)	0	0
Домашнее задание	0	0
Подготовка к контрольной работе	0	0
Подготовка к коллоквиумам	6	6
Аналитический информационный поиск	18	18
Работа в библиотеке	18	18
Подготовка к экзамену	21	21
Промежуточная аттестация – Экзамен (Э)	Э	Э
Общая трудоемкость дисциплины		
Ак. ч.	198	198
З. е.	7.5	7.5

5 Содержание дисциплины

С целью освоения компетенций, приведенных в п. 3 дисциплина разбита на 4 темы:

- тема 1 (Основные понятия, определения, возможности и виды моделирования мехатронных и робототехнических систем);
- тема 2 (Классификация математических моделей. Формы представления математических моделей);
- тема 3 (Математические модели мехатронных и робототехнических систем);
- тема 4 (Математическое моделирование мехатронных и робототехнических систем).

Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов для очной и заочной формы приведены в таблице 5.1 – 5.2 соответственно.

Таблица 5.1 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (очная форма обучения)

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак. ч.	Темы лабораторных занятий	Трудоемкость в ак. ч.
1	Основные понятия, определения, возможности и виды моделирования мехатронных и робототехнических систем	Основные понятия, определения, возможности и виды моделирования мехатронных и робототехнических систем.	4	Структура блоков SimMechanics пакета Simulink среды MATLAB	6	–	–
		Общие сведения о моделировании технических объектов и систем. Характеристика объектов моделирования. Требования, предъявляемые к математическим моделям.	6				
2	Классификация математических моделей. Формы представления математических моделей	Классификация математических моделей. Формы представления математических моделей.	4	Моделирование работы плоских механизмов	10	–	
		Взаимосвязь векторно-матричной формы описания объекта с его передаточной функцией	4				
3	Математические модели механических систем электроприводов	Математические модели механических систем мехатронных и робототехнических систем.	8	Моделирование пространственных механизмов	10	–	–
		Математическая модель механической части манипулятора.	8				
4	Математическое моделирование электромеханических систем	Математическое моделирование мехатронных и робототехнических систем. Основные методы, этапы и особенности моделирования на ЭВМ систем, математическое описание которых представлено в виде дифференциальных уравнений.	8	Моделирование работы двигателей в мехатронных системах	10	–	–

№ п/ п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак. ч.	Темы лабораторных занятий	Трудоемкость в ак. ч.
		Особенности математического описания и моделирования мехатронных и робототехнических систем. Математическое описание силовых взаимодействий в мехатронных и робототехнических систем. Способы получения обобщенных математических моделей мехатронных и робототехнических систем	12				
Всего аудиторных часов			54	–	36	–	–

Таблица 5.2 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (заочная форма обучения)

№ п/ п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак. ч.	Темы лабораторных занятий	Трудоемкость в ак. ч.
1	Математическое моделирование электро-механических систем	Основные понятия, определения, возможности и виды моделирования мехатронных и робототехнических систем.	6	Структура блоков SimMechanics пакета Simulink среды MATLAB	6	–	–
Всего аудиторных часов			6	–	6	–	–

6 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

6.1 Критерии оценивания

В соответствии с Положением о кредитно-модульной системе организации образовательного процесса ФГБОУ ВО «ДонГТУ» при оценивании сформированности компетенций по дисциплине используется 100-балльная шкала (https://www.dstu.education/images/structure/license_certificate/polog_kred_modul.pdf).

Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний

Код и наименование компетенции	Способ оценивания	Оценочное средство
ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	Экзамен	Комплект контролирующих материалов для экзамена

Всего по текущей работе в семестре студент может набрать 100 баллов, в том числе:

- тестовый контроль или устный опрос на коллоквиумах (1 коллоквиум)
- всего 40 баллов;
- практические работы – всего 60 баллов.

Экзамен проставляется автоматически, если студент набрал в течении семестра не менее 60 баллов и отчитался за каждую контрольную точку. Минимальное количество баллов по каждому из видов текущей работы составляет 60 % от максимального.

Экзамен по дисциплине «Математическое моделирование в электроприводе» проводится по результатам работы в семестре. В случае, если полученная в семестре сумма баллов не устраивает студента, во время сессии студент имеет право повысить итоговую оценку либо в форме устного собеседования по приведенным ниже вопросам (п. 6.4), либо в результате тестирования.

Шкала оценивания знаний при проведении промежуточной аттестации приведена в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Шкала оценивания знаний

Сумма баллов за все виды учебной деятельности	Оценка по национальной шкале зачёт/экзамен
0-59	Не зачтено/неудовлетворительно
60-73	Зачтено/удовлетворительно
74-89	Зачтено/хорошо
90-100	Зачтено/отлично

6.2 Домашние задания

Для студентов очной формы обучения домашние задания не предусмотрены. Студенты заочной формы обучения в каждом семестре выполняют контрольную работу по имеющимся методическим указаниям.

6.3 Темы рефератов

Написание рефератов при изучении дисциплины не предусмотрено.

6.4 Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости

Тема 1 Основные понятия, определения, возможности и виды моделирования мехатронных и робототехнических систем

- 1) Что понимается под моделированием мехатронных и робототехнических систем?
- 2) Какие возможности предоставляет моделирование для анализа и проектирования мехатронных систем?
- 3) Какие виды моделирования применяются для исследования робототехнических систем?
- 4) Какие характеристики объектов моделирования учитываются при построении математических моделей?
- 5) Какие требования предъявляются к математическим моделям мехатронных и робототехнических систем?
- 6) В чем заключается важность адекватности математической модели реальному объекту?
- 7) Какие этапы включает процесс моделирования технических систем?
- 8) Какова роль моделирования в проектировании и оптимизации мехатронных и робототехнических систем?

Тема 2 Классификация математических моделей. Формы представления математических моделей

- 1) Как классифицируются математические модели в зависимости от их

свойств и характеристик?

2) Какие формы представления математических моделей наиболее часто используются в электромеханике?

3) Как связана векторно-матричная форма описания объекта с его передаточной функцией?

4) Какие преимущества имеет векторно-матричное представление математических моделей?

5) Как преобразовать дифференциальные уравнения системы в векторно-матричную форму?

6) Какие типы математических моделей применяются для описания динамических систем?

7) Как передаточная функция используется для анализа свойств системы?

8) Какие ограничения имеют линейные математические модели при описании нелинейных систем?

Тема 3 Математические модели механических систем мехатронных и робототехнических систем

1) Каковы основные элементы математической модели механической части манипулятора?

2) Как строится математическая модель механической части робототехнической системы?

3) Какие параметры механической системы учитываются при построении математической модели?

4) Как учитываются силы трения и инерции в математической модели механической системы?

5) Какие упрощения допускаются при моделировании механической части манипулятора?

6) Как связаны механические и электрические параметры в модели мехатронной системы?

7) Какие методы используются для решения уравнений механической системы?

8) Как проверить адекватность математической модели механической части робототехнической системы?

Тема 4 Математическое моделирование мехатронных и робототехнических систем

1) Какие основные методы используются для моделирования систем, описываемых дифференциальными уравнениями?

- 2) Какие этапы включает процесс математического моделирования мехатронных и робототехнических систем?
- 3) Как учитываются силовые взаимодействия в математическом описании мехатронных систем?
- 4) Какие способы применяются для получения обобщенных математических моделей робототехнических систем?
- 5) Как определяются эквивалентные параметры элементов мехатронных систем?
- 6) Какие особенности учитываются при моделировании нелинейных мехатронных систем?
- 7) Как выбирается метод численного интегрирования для решения дифференциальных уравнений модели?
- 8) Какие программные средства используются для моделирования мехатронных и робототехнических систем на ЭВМ?

6.5 Вопросы для подготовки к экзамену

- 1) Что понимается под моделированием мехатронных и робототехнических систем?
- 2) Какие возможности предоставляет моделирование для анализа и проектирования мехатронных систем?
- 3) Какие виды моделирования применяются для исследования робототехнических систем?
- 4) Какие характеристики объектов моделирования учитываются при построении математических моделей?
- 5) Какие требования предъявляются к математическим моделям мехатронных и робототехнических систем?
- 6) В чем заключается важность адекватности математической модели реальному объекту?
- 7) Какие этапы включает процесс моделирования технических систем?
- 8) Какова роль моделирования в проектировании и оптимизации мехатронных и робототехнических систем?
- 9) Как классифицируются математические модели в зависимости от их свойств и характеристик?
- 10) Какие формы представления математических моделей наиболее часто используются в электромеханике?
- 11) Как связана векторно-матричная форма описания объекта с его передаточной функцией?
- 12) Какие преимущества имеет векторно-матричное представление математических моделей?

- 13) Как преобразовать дифференциальные уравнения системы в векторно-матричную форму?
- 14) Какие типы математических моделей применяются для описания динамических систем?
- 15) Как передаточная функция используется для анализа свойств системы?
- 16) Какие ограничения имеют линейные математические модели при описании нелинейных систем?
- 17) Каковы основные элементы математической модели механической части манипулятора?
- 18) Как строится математическая модель механической части робототехнической системы?
- 19) Какие параметры механической системы учитываются при построении математической модели?
- 20) Как учитываются силы трения и инерции в математической модели механической системы?
- 21) Какие упрощения допускаются при моделировании механической части манипулятора?
- 22) Как связаны механические и электрические параметры в модели мехатронной системы?
- 23) Какие методы используются для решения уравнений механической системы?
- 24) Как проверить адекватность математической модели механической части робототехнической системы?
- 25) Какие основные методы используются для моделирования систем, описываемых дифференциальными уравнениями?
- 26) Какие этапы включает процесс математического моделирования мехатронных и робототехнических систем?
- 27) Как учитываются силовые взаимодействия в математическом описании мехатронных систем?
- 28) Какие способы применяются для получения обобщенных математических моделей робототехнических систем?
- 29) Как определяются эквивалентные параметры элементов мехатронных систем?
- 30) Какие особенности учитываются при моделировании нелинейных мехатронных систем?
- 31) Как выбирается метод численного интегрирования для решения дифференциальных уравнений модели?
- 32) Какие программные средства используются для моделирования мехатронных и робототехнических систем на ЭВМ?

7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1 Рекомендуемая литература

Основная литература

1. Дьяконов В. П.. MATLAB [Электронный ресурс]: Полный самоучитель. - Саратов: Профобразование, 2019. - 768 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/87981.html> (дата обращения: 20.08.2024). (дата обращения: 20.08.2024).

Дополнительная литература

1. Лазарева Н. М., Яров В. М., Белов Г. А.. Компьютерное моделирование. SimPowerSystems: практикум [для 2 курса по специальности "Промышленная электроника"]. - Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2016. - 67с.

2. Фролов В. Я., Смородинов В. В.. Устройства силовой электроники и преобразовательной техники с разомкнутыми и замкнутыми системами управления в среде Matlab — Simulink [Электронный ресурс]: учебное пособие. - Санкт-Петербург: Лань, 2018. - 332 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/106890>. (дата обращения: 20.08.2024).

3. Семенова Т. И., Шакин В. Н., Юсков И. О., Юскова И. Б.. Введение в математический пакет Matlab [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие. - Москва: Московский технический университет связи и информатики, 2016. - 88 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/61469.html> (дата обращения: 20.08.2024)

4. Компьютерное моделирование электромеханических систем постоянного и переменного тока в среде MATLAB Simulink : учебное пособие / Ю. Н. Дементьев, В. Б. Терехин, И. Г. Однокопылов, В. М. Рулевский. — Томск : Томский политехнический университет, 2018. — 497 с. — ISBN 978-5-4387-0819-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/98983.html> (дата обращения: 20.05.2024).

Учебно-методическое обеспечение

1. Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «ФММ ЭМПЭ» : (для студ. напр. подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника») / сост. И.А. Карпук ; Каф. электромеханики им. А.Б.Зеленова . — Алчевск : ФГБОУ ВО «ДонГТУ», 2024 . — 64 с. [https://moode.dstu.education/pluginfile.php/61962/mod_resource/content/1/МУ%20ФММ ЭМПЭ.pdf](https://moode.dstu.education/pluginfile.php/61962/mod_resource/content/1/МУ%20ФММ%20ЭМПЭ.pdf)

7.2 Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

1. Научная библиотека ДонГТУ : официальный сайт. — Алчевск. — URL: library.dstu.education. — Текст : электронный.
2. Научно-техническая библиотека БГТУ им. Шухова : официальный сайт. — Белгород. — URL: <http://ntb.bstu.ru/jirbis2/>. — Текст : электронный.
3. Консультант студента : электронно-библиотечная система. — Москва. — URL: <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. — Текст : электронный.
4. Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система. — URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red. — Текст : электронный.
5. IPR BOOKS : электронно-библиотечная система. — Красногорск. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/>. — Текст : электронный.
6. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) : официальный сайт. — Москва. — <https://www.gosnadzor.ru/>. — Текст : электронный.

8 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническая база обеспечивает проведение всех видов деятельности в процессе обучения, соответствует требованиям ФГОС ВО.

Материально-техническое обеспечение представлено в таблице 8.

Таблица 8.1 – Материально-техническое обеспечение

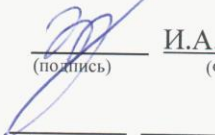
Наименование оборудованных учебных кабинетов	Адрес (местоположение) учебных кабинетов
Специальные помещения: <i>Компьютерный класс кафедры ЭМ</i> - Персональный компьютер – 17 шт - Принтер HP1100 - Сканер	ауд 319, корп. главный

Лист согласования РПД

Разработал
доц. кафедры электромеханики
им. А. Б. Зеленова
(должность)

(должность)

(должность)


(подпись) И.А. Карпук
(Ф.И.О.)

(подпись) (Ф.И.О.)

(подпись) (Ф.И.О.)

Заведующий кафедрой


(подпись) Д. И. Морозов
(Ф.И.О.)

Протокол № 1 заседания кафедры
электромеханики им. А.Б. Зеленова

от 22.08.2024г.

Декан факультета

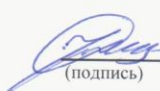

(подпись) В. В. Дьячкова
(Ф.И.О.)

Согласовано

Председатель методической
комиссии по направлению подготовки
13.04.02 Электроэнергетика и
электротехника


(подпись) Л.Н. Комаревцева
(Ф.И.О.)

Начальник учебно-методического центра


(подпись) О.А. Коваленко
(Ф.И.О.)

Лист изменений и дополнений

Номер изменения, дата внесения изменения, номер страницы для внесения изменений	
ДО ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:	ПОСЛЕ ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:
Основание:	
Подпись лица, ответственного за внесение изменений	