

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ:

Первый проректор



(подпись)

Каракозов А. А.

03 20 23 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ДЭ.02.01. МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИМИТАЦИЯ МЕХАТРОННЫХ СИ-
СТЕМ

(код и наименование дисциплины согласно учебному плану)

Направление подготовки
(специальность):

15.04.06 Мехатроника и робототехника

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность:

Робототехника и гибкие производственные си-
стемы

(наименование профиля / магистерской программы / специализации)

Программа:

магистратура

(бакалавриат, магистратура, специалитет)

Форма обучения:

очная

(очная, заочная, очно-заочная)

Форма обучения:	Очная	Очно- заочная	Заочная
Семестр(ы)	1		1
Общая трудоёмкость в з.е./часах	4/144		4/144
Контактная работа (час.), в том числе:	53		14
лекции (час.)	17		4
лабораторные работы (час.)	34		4
практические (семинарские) занятия (час.)			
Самостоятельная работа (час.), в том числе:	91		130
курсовой проект (работа) (семестр/час.)			
Контроль (экзамен, час./зачёт)	Зачет		Зачет

Донецк, 2023 г.

Рабочая программа дисциплины «Моделирование и имитация мехатронных систем» составлена в соответствии с учебными планами по направлению подготовки 15.04.06 Мехатроника и робототехника (направленность – Робототехника и гибкие производственные системы) для 2023 года приёма по очной форме обучения.

Составитель:

Доцент кафедры «Мехатронные системы машиностроительного оборудования»,
к.т.н., доц.

Дмитриевич

 Молчанов Александр

(подпись)

Рабочая программа **рассмотрена и принята** на заседании кафедры «Мехатронные системы машиностроительного оборудования».

Протокол от « 16 » 03 2023 года № 7 .

Заведующий кафедрой
Владиленович

 Гусев Владимир

(подпись)

(Ф.И.О.)

Рабочая программа **одобрена учебно-методической комиссией** ГОУВПО «ДОННТУ» по направлению подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника.

Протокол от « 16 » 03 2023 года № 4 .

Председатель

 Гусев Владимир Владиленович

(подпись)

(Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20__ года приёма на заседании кафедры «Мехатронные системы машиностроительного оборудования».

Протокол от « ____ » _____ 20__ года № _____

Заведующий кафедрой
Владиленович

Гусев Владимир

(подпись)

(Ф.И.О.)

1 ОБЪЕКТ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина рассматривает вопросы создания и исследования моделей мехатронных модулей и систем с использованием современных методов реализации и исследования автоматизированных математических систем.

Цель дисциплины – подготовка специалистов, владеющих современными методами, средствами и технологиями моделирования динамических процессов в мехатронных системах.

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать:

- основные принципы моделирования мехатронных модулей и систем в целом, с использованием современных математических пакетов компьютерного моделирования;

Уметь:

- рассчитывать и проектировать отдельные модули и мехатронные системы в целом, с использованием современных математических пакетов компьютерного моделирования и MatLab;

Владеть:

- технологией построения и наглядного представления рабочих процессов промышленного производства и технических объектов, применения стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

универсальных:

УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий;

общепрофессиональных:

ОПК-1. Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности.

ОПК-2. Способен применять основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации в области машиностроения;

ОПК-4. Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при моделировании технологических процессов;

ОПК-6. Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий, документации машиностроительных производств;

ОПК-8. Способен оптимизировать затраты на обеспечение деятельности производственных подразделений;

ОПК-11. Способен организовать разработку и применение алгоритмов и современных цифровых программных методов расчетов и проектирования отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автомати-

ки, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием, разрабатывать цифровые алгоритмы и программы управления робототехнических систем;

ОПК-13. Способен использовать основные положения, законы и методы естественных наук и математики при формировании моделей и методов исследования мехатронных и робототехнических систем.;

профессиональных:

ПК-1. способностью составлять математические модели мехатронных и робототехнических систем, их подсистем, включая исполнительные, информационно-сенсорные и управляющие модули, с применением методов формальной логики, методов конечных автоматов, сетей Петри, методов искусственного интеллекта, искусственных нейронных сетей;

ПК-2. способностью использовать имеющиеся программные пакеты и, при необходимости, разрабатывать новое программное обеспечение, необходимое для обработки информации и управления в мехатронных и робототехнических системах, [a](#) также для их проектирования

ПК-9. способностью участвовать в разработке конструкторской и проектной документации мехатронных и робототехнических систем в соответствии с имеющимися стандартами и техническими условиями.

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 дисциплин (модулей) учебного плана.

Базируется на знаниях и умениях, которые студент приобрел при освоении в курсе бакалавриата предшествующих дисциплин: «Введение в специальность», «Проектирование мехатронных систем», «Основы математического моделирования в мехатронике», «Оборудование гибких производственных систем».

Знания и умения, приобретенные при освоении данной дисциплины, реализуются студентом при выполнении последующих курсовых проектов по дисциплинам «Расчет электромеханических систем промышленных роботов», «Теория проектирования автоматизированных станочных комплексов», изучении последующих дисциплин «Системы программного управления робототехнических комплексов», «Динамика робототехнических систем», прохождении производственной практики, прохождении государственной итоговой аттестации.

3 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Распределение учебных часов по темам дисциплины и видам занятий

Наименование темы (содержательных модулей)	Количество часов (очная/очно-заочная/заочная форма)				
	Всего	В том числе			
		Лекции	Лабор	Практ. (Семина.).	СР
Тема 1 Основы моделирования мехатронных систем в среде MATLAB и SciLab.	20/-/24	2/-/2	6/-/2	-/-/-	12/-/20
Тема 2 Моделирование многозвенных механизмов	28/-/24	4/-/2	6/-/2	-/-/-	18/-/20
Тема 3 Моделирование контактного взаимодействия	28/-/27	4/-/-	6/-/-	-/-/-	18/-/27
Тема 4 Моделирование составных элементов	28/-/27	4/-/-	6/-/-	-/-/-	18/-/27
Тема 5 Комплексное моделирование мехатронных систем	32/-/27	3/-/-	10/-/-	-/-/-	19/-/27
Контактная работа (дополнительная)	-/-/9				-/-/9
Курсовая работа (проект)	0				
Итого по видам занятий	144/-/144	17/-/4	34/-/4		91/-/130
Контроль	-/-/-				
ИТОГО:	144/-/144	17/-/4	34/-/4	-/-/-	91/-/130

Формирование компетенций в результате освоения тем дисциплины

Компетенции	Темы дисциплины, нацеленные на формирование компетенции
УК-1	Тема 1
ОПК-1	Тема 1 – 5
ОПК-2	Тема 1 – 5
ОПК-4	Тема 1 – 5
ОПК-6	Тема 1 – 5
ОПК-8	Тема 1 – 5
ОПК-11	Тема 1 – 5
ОПК-13	Тема 1 – 5
ПК-1	Тема 1 – 5
ПК-2	Тема 1 – 5
ПК-9	Тема 5

3.2 Лекции

Тема 1. Основы моделирования мехатронных систем в среде MATLAB и SciLab.

1.1 Структура Simscape

1.2 Интерфейс

1.3 Модель маятника.

Литература к теме 1: [1, 4, 5]

Тема 2. Моделирование многозвенных механизмов

2.1 Структурный анализ

2.2 Кинематический анализ

2.3 Имитационное моделирование

Литература к теме 2: [2, 3]

Тема 3. Моделирование контактного взаимодействия

3.1 Теоретические основы контактного взаимодействия

3.2 Моделирование контакта в Simscape

3.3 Моделирование контактного взаимодействия плоского робота с объектами окружающей среды

Литература к теме 3: [1 - 3]

Тема 4. Моделирование составных элементов

4.1 Двигатель постоянного тока

4.2 Ремни, тросы, шкивы и катушки

Литература к теме 4: [2, 3, 6]

Тема 5 Комплексное моделирование мехатронных систем

5.1 Установка Simscape Multibody Link и экспорт моделей САПР

5.2 Моделирование захватных устройств

Литература к теме 5: [1, 2, 4]

3.3. Практические занятия

Практические занятия по дисциплине учебным планом не предусмотрены.

3.4 Лабораторные работы

№ п/п	Тема работы	Объем, час. очн/очн- заоч/заочн	Лите- ратура
1	Создание моделей в среде MatLab и Scilab	6/-/-	[5]
2	Исследование разомкнутой линейной системы управления.	6/-/-	[5]
3	Исследование замкнутой линейной системы управления.	6/-/-	[5]
4	Исследование двухконтурной линейной системы управления.	6/-/-	[5]

5	Моделирование нелинейных систем управления	10/-/-	[5]
Итого:		34/-/-	

3.5 Самостоятельная работа студента

№ п/п	Виды самостоятельной работы студента	Объем, час. очн/очн-заоч/заочн
1	Изучение лекционного материала (не менее 50% от объема лекций)	15/-/-
2	Подготовка к практическим занятиям (не менее 50% от объема аудиторных практических занятий)	-/-/-
3	Подготовка к лабораторным работам (не менее 50% от объема аудиторных лабораторных занятий)	25/-/-
4	Выполнение курсового проекта (36 часов)	0
5	Выполнение курсовой работы (27 часов)	0
6	Выполнение индивидуального задания (не менее 9 часов)	0
ИТОГО:		39/-/-

3.6 Курсовой проект (работа), индивидуальное задание

Курсовой проект (работа) и индивидуальное задание по дисциплине учебным планом не предусмотрены.

4 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

4.1 Критерии и шкалы для интегрированной оценки уровня сформированности компетенций

Составляющая компетенции – полнота знаний

- нулевой уровень: неверные, не аргументированные, с множеством грубых ошибок ответы на вопросы. Уровень знаний ниже минимальных требований;
- минимальный уровень: даны неполные, неточные и неаргументированные ответы на вопросы. Допущено много грубых ошибок. Уровень знаний ниже минимальных требований;
- пороговый уровень: даны недостаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Плохо знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено много негрубых ошибок;

- средний уровень: даны достаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. В целом знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;
- продвинутый уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;
- высокий уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько неточностей.

Составляющая компетенции – умения

- нулевой уровень: полное отсутствие понимания сути методики решения задачи, допущено множество грубейших ошибок / задания не выполнены вообще;
- минимальный уровень: слабое понимание сути методики решения задачи, допущены грубые ошибки. Решения не обоснованы. Не умеет использовать нормативно-техническую литературу. Не ориентируется в специальной научной литературе;
- пороговый уровень: достаточное понимание сути методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую литературу. Слабо ориентируется в специальной научной литературе;
- средний уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу;
- продвинутый уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены неточности. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу;
- высокий уровень: понимает суть методики решения задачи. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, передовой опыт.

Составляющая компетенции – владение навыками

- нулевой уровень: не демонстрирует владение навыками выполнения профессиональных задач. Не может выполнить задания;
- минимальный уровень: не демонстрирует владение навыками выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;
- пороговый уровень: владеет навыками выполнения профессиональных задач на пороговом уровне. Задания выполняет медленно и некачественно;
- средний уровень: владеет навыками выполнения профессиональных задач. Задания выполняет на среднем уровне по скорости и качеству;
- продвинутый уровень: владеет уверенными навыками выполнения профессиональных задач. Быстро и качественно выполняет задания, иногда допуская незначительные погрешности;

- высокий уровень: владеет уверенными навыками выполнения профессиональных задач. Быстро и качественно выполняет задания, при необходимости демонстрируя творческий подход.

Обобщенная оценка сформированности компетенций

- нулевой уровень: на нулевом уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;
- минимальный уровень: на минимальном уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;
- пороговый уровень: на пороговом уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;
- средний уровень: на среднем уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;
- продвинутый уровень: на продвинутом уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на высоком уровне;
- высокий уровень: на высоком уровне сформированы все составляющие компетенций.

4.2 Вопросы к экзамену и пример экзаменационного билета

Экзамен по данной дисциплине учебным планом не предусмотрен.

4.3 Критерии оценивания

Текущий контроль знаний студентов производится по результатам выполнения лабораторных работ, индивидуального задания, во время контрольных опросов в ходе проведения лабораторных и практических занятий.

Промежуточная аттестация по результатам освоения дисциплины в семестре проводится в форме семестрового экзамена в соответствии с «Положением об организации учебного процесса в Донецком национальном техническом университете (новая редакция)», утвержденном 25.11.2016 года, протокол №8.

Для определения уровня знаний студентов преподаватель руководствуется критериями оценки знаний, являющимися составляющей учебно-методического комплекса дисциплины.

Полученная оценка по 100-балльной шкале определяет оценку по государственной шкале и шкале ECTS:

Сумма баллов по 100-балльной шкале	Оценка по шкале ECTS	Оценка по государственной шкале
90-100	A	Отлично / зачтено
80-89	B	Хорошо / зачтено
75-79	C	
70-74	D	Удовлетворительно / зачтено
60-69	E	
35-59	FX	Неудовлетворительно / не зачтено

Сумма баллов по 100-бальной шкале	Оценка по шкале ECTS	Оценка по государственной шкале
0-34	F*	

* – с обязательным повторным изучением дисциплины.

4.4 Пример текущего опроса на практических (семинарских) занятиях и лабораторных работах

1. Какие типовые структуры модулей движения в робототехнике вам известны?
2. Привести кинематическую схему модуля поступательного перемещения звена робота.
3. Дать кинематическую схему модуля вращательного движения звена робота.
4. Какой привод считается «прямым»; каковы его достоинства и недостатки?
5. Как устроен и работает линейный электродвигатель?
6. Привести пример конструкции современного мехатронного модуля.
7. В чем заключается задачи моделирования механической системы модулей движения?
8. Построение модели механической системы с одной степенью подвижности.
9. Построение модели механической системы с двумя степенями подвижности.
10. Построение модели механической системы с учетом нелинейностей.

4.5 Курсовое проектирование

Курсовой проект (работа) и индивидуальное задание по дисциплине учебным планом не предусмотрены.

5 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

I. Основная литература

1. Герман-Галкин, С.Г. Matlab & Simulink: проектирование мехатронных систем на ПК: учебное пособие для вузов / С. Г. Герман-Галкин. - СПб : КОРОНА-Век, 2008. – 368 с. – 1 экз.
2. Борисов И.И., Колюбин С.А., Имитационное моделирование мехатронных систем — СПб: Университет ИТМО, 2020. — 103 с.
3. Построение и моделирование манипуляционных исполнительных систем многофункциональных роботизированных технологических центров : учеб. пособие /

В. П. Умнов ; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2016. – 120 с.

II. Дополнительная литература

6. Лукинов, А. П. Проектирование мехатронных и робототехнических устройств : учебное пособие / А. П. Лукинов. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 608 с. — ISBN 978-5-8114-1166-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/210764> (дата обращения: 18.12.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
7. Гусев, В. В. Основы мехатронных систем : учебное пособие / В. В. Гусев, А. Д. Молчанов, С. А. Поезд. — Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. — 124 с. — ISBN 978-5-9729-0797-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/281234> (дата обращения: 18.12.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
8. Сандалов, В.М. Моделирование электромеханических систем и технологических комплексов: учебное пособие [Электронный ресурс] / В.М. Сандалов, С.Н. Трофимова. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2011. – 103 с. – 1 файл. – Системные требования: Acrobat Reader.

6 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебно-методические издания, разработанные в ДонНТУ:

5. Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Моделирование и имитация мехатронных систем» (для студентов направления подготовки 15.04.06 «Мехатроника и робототехника») /Сост. Гусев В.В., Молчанов А.Д. – Донецк: ДонНТУ. – 2022. – 45с.

Периодические издания:

9. Известия Южного федерального университета. Серия Технические науки.
10. Искусственный интеллект
11. Машиностроение и техносфера XXI века
12. Современные технологии. Системный анализ. Моделирование.
13. Вестник машиностроения.
14. Известия Томского политехнического университета.
15. Ежемесячный научно-технический и производственный журнал "МЕХАТРОНИКА, АВТОМАТИЗАЦИЯ, УПРАВЛЕНИЕ" ISSN 1684-6427 <http://novtex.ru/mech/index1.htm>

Электронно-информационные ресурсы

ЭБС ДОННТУ – <http://donntu.ru/library>.

ЭБС IPR BOOKS – <http://www.iprbookshop.ru>

Internet-ресурсы

16. Мехатроника на википедии.

<https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%85%D0%B0%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0>

17. Сообщество VK, посвященное мехатронике и робототехнике.

https://vk.com/mech_team

18. Занимательная робототехника. <http://edurobots.ru/>

7 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Лекционные занятия:

учебная аудитория № 6.202а учебный корпус 6 для проведения занятий лекционного типа: (мультимедийное оборудование: ноутбук Операционная система Microsoft Windows XP Libreoffice 5.3.4.(2017), проектор м/мед .EPSON-X5 XGA 2200 Ansi, экран; учебно-наглядные пособия: стенды, специализированная мебель: доска аудиторная, парты.).

7.2 Лабораторные работы:

учебная лаборатория №6.202 учебный корпус 6 для проведения лабораторных занятий. Компьютер Athlon 3500/2*512/250Компьютер Athlon 3500/512/160-4ПК arduino (Лицензия GNU LGPL v2.1), GPSS World Student (ЛицензияGNU LGPL v3), PascalABC.NET (ЛицензияGNU LGPL v3), T-FLEX72 (ЛицензияGNU LGPL v3), AnyLogic (ЛицензияGNU LGPL v3), Smath Studio (ЛицензияGNU LGPL v3), V-Rep (ЛицензияGNU LGPL v3), SciLab (ЛицензияGNU LGPL v2), LibroOffice 4.3.0 (ЛицензияGNU LGPL v3), Ultimaker Cura (ЛицензияGNU LGPL v3), MozillaFirefox (лицензияMPL2.0), Manjari 17 (ЛицензияGNULGPLv3).

7.3 Самостоятельная работа:

помещения для самостоятельной работы с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации: читальные залы, учебные корпуса 2, 3 (Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду (ЭИОС ДОННТУ) и электронно-библиотечную систему (ЭБС IPRbooks), а также возможностью индивидуального неограниченного доступа обучающихся в ЭБС и ЭИОС посредством Wi-Fi с персональных мобильных устройств. ОС- Microsoft Windows 7, OpenOffice 2.0.3 – общественная лицензия MPL 2.0/ Grub loader for ALT Linux - лицензия GNU LGPL v3/ Mozilla Firefox - лицензия MPL2.0, Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) - лицензия GNU GPL).