



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ДВАЖДЫ ГЕРОЯ
СОВЕТСКОГО СОЮЗА, ЛЕТЧИКА-КОСМОНАВТА А.А. ЛЕОНОВА»

УТВЕРЖДАЮ
И.о. проректора

_____ **А.В. Троицкий**

« ____ » _____ **2023 г.**

***ИНСТИТУТ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ
МАШИНОСТРОЕНИЯ***

КАФЕДРА ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ДИСЦИПЛИНЫ
«МОДЕЛИРОВАНИЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ»**

Направление подготовки: 15.03.06 «Мехатроника и робототехника»

Направленность (профиль): Автоматизация производственных процессов

Уровень высшего образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

Королёв
2023

Рабочая программа является составной частью основной профессиональной образовательной программы и проходит рецензирование со стороны работодателей в составе основной профессиональной образовательной программы. Рабочая программа актуализируется и корректируется ежегодно.

Автор: к.т.н. Музалевская А.А., к.т.н., с.н.с. Черемисин М.В. Рабочая программа дисциплины (модуля): «Моделирование робототехнических систем» – Королев МО: «Технологический университет», 2023.

Рецензент: д.т.н., профессор Мороз А.П.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки бакалавров 15.03.06 «Мехатроника и робототехника» и Учебного плана, утвержденного Ученым советом Университета.

Протокол №9 от 11.04.2023 г.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры:

Заведующий кафедрой (ФИО, ученая степень, звание, подпись)	Мороз А.П. д.т.н., с.н.с. 			
Год утверждения (переутверждения)	2023	2024	2025	2026
Номер и дата протокола заседания кафедры	№9 от 28.03.23			

Рабочая программа согласована:

Руководитель ОПОП ВО  к.т.н., доцент Т.Н.Архипова

Рабочая программа рекомендована на заседании УМС:

Год утверждения (переутверждения)	2023	2024	2025	2026
Номер и дата протокола заседания УМС	№5 от 11.04.2023 г.			

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Целью освоения дисциплины является формирование знаний основ о современных методах функционального, математического и имитационного моделирования электромеханических систем; методов построения моделей робототехнических систем для конкретного применения и их компьютерной реализации.

Дисциплина направлена на формирование следующих компетенций:

Профессиональные компетенции:

ПК-3. Способен проводить проектные и опытно-конструкторские работы по изготовлению средств автоматизации и механизации технологических, подъемно-транспортных, погрузочно-разгрузочных операций механосборочного производства;

ПК-6. Способен разрабатывать проекты по внедрению средств автоматизации и механизации технологических операций механосборочного производства.

Задачи дисциплины:

- усвоение основных принципов построения математических моделей механических, электромеханических, мехатронных систем,

- знание современные компьютерные средства исследования математических моделей различных систем и устройств, владеть навыками программирования в средах и программах: MATLAB, Simulink, SimMechanics.

Показатель освоения компетенции отражают следующие индикаторы:

Трудовые действия:

- Способен осуществлять сбор исходных данных для проведения проектных и опытно-конструкторские работ по изготовлению средств автоматизации и механизации технологических, подъемно-транспортных, погрузочно-разгрузочных операций механосборочного производства.
- Способен определять состав и количество средств автоматизации и механизации технологических процессов на основе исходных данных.
- Способен разрабатывать планы расположения средств автоматизации и механизации технологических процессов на участке.

Необходимые умения:

- Умеет устанавливать исходные данные для проведения проектных и опытно-конструкторские работ по изготовлению средств автоматизации и механизации технологических, подъемно-транспортных, погрузочно-разгрузочных операций механосборочного производства.

- Умеет рассчитывать необходимое количество средств автоматизации и механизации и разрабатывать план их размещения.

Необходимые знания:

- Знает технические требования, предъявляемые к машиностроительным изделиям; основные свойства конструкционных материалов машиностроительных изделий, характеристики основных видов исходных заготовок и способы их получения. Знает типы и конструктивные особенности средств автоматизации и механизации технологических, подъемно-транспортных, погрузочно-разгрузочных операций механосборочного производства.
- Знает принципы и правила размещения средств автоматизации и механизации технологических процессов на участке, методы расчета основного, вспомогательного оборудования и рабочих мест для различных типов производств.
- Знает технологические процессы механосборочного производства.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений, основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 15.03.06 «Мехатроника и робототехника».

Изучение данной дисциплины базируется на ранее изученных дисциплинах: «Основы мехатроники и робототехники», «Теоретическая механика», «Компьютерная инженерная графика» и компетенциях: ОПК-1,4,11; ПК-5,6,10.

Знания и компетенции, полученные при освоении дисциплины «Моделирование робототехнических систем» являются базовыми для прохождения практики, выполнения выпускной квалификационной работы бакалавра.

3. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часа. Практическая подготовка обучающихся составляет 12 часов.

Таблица 1

Виды занятий	Всего часов	Семестр ..	Семестр 8	Семестр ...	Семестр ...
Общая трудоемкость	108		108		
ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ					
Аудиторные занятия	24		24		
Лекции (Л)	-		-		
Практические занятия (ПЗ)	24		24		

Лабораторные работы (ЛР)	-		-		
Практическая подготовка	12		12		
Самостоятельная работа	84		84		
<i>Курсовые работы (проекты)</i>					
<i>Расчетно-графические работы</i>					
<i>Контрольная работа</i>	+		+		
<i>Текущий контроль знаний</i>	Тест		Тест		
Вид итогового контроля	экзамен		экзамен		

4. Содержание дисциплины

4.1. Темы дисциплины и виды занятий

Таблица 2

Наименование тем	Лекции, час Очная /заочная форма	Практические занятия, час Очная /заочная форма	Занятия в интерактивной форме, час Очная /заочная форма	Практическая подготовка, час Очная /заочная форма	Код компетенций
Тема 1. Введение. Основные понятия и определения. Классификация моделей и их свойства.		2	1		ПК-3, ПК-6
Тема 2. Методы получения моделей.		2	1	1	ПК-3, ПК-6
Тема 3. Обзор современных компьютерных пакетов и программ математического моделирования.		2	1	2	ПК-3, ПК-6
Тема 4. Общие сведения о библиотеке MATLAB и ее приложениях.		2	1	2	ПК-3, ПК-6
Тема 5. Изучение пакетов визуального моделирования Simulink и SimMechanics		2	1	2	ПК-3, ПК-6
Тема 6. Планирование и обработка результатов машинного эксперимента		2			
Тема 7. Построение моделей исполнительных двигателей и приводов электромеханических устройств.		4	1	2	ПК-3, ПК-6
Тема 8. Построение моделей исполнительных приводов		4	1	2	ПК-3, ПК-6
Тема 9. Построение		4	1	1	ПК-3,

моделей систем управления					ПК-6
Итого:		24	8	12	

4.2. Содержание тем дисциплины

Тема 1. Введение. Общие положения теории моделирования. Основные понятия и определения. Классификация моделей и их свойства.

Моделирование: основные понятия и определения (аналогия, гипотеза, аналитическое и численное моделирование). Классификация моделей. Основные свойства моделей.

Тема 2. Методы получения моделей.

Схема процесса получения моделей и ее основные этапы. Первичные и вторичные модели. Модели в пространстве состояний и параметров. Машинный, натурный и полунатурный эксперименты в моделировании и исследовании.

Тема 3. Обзор современных компьютерных пакетов и программ математического моделирования. Особенности и основные возможности компьютерных пакетов MathCAD, MATLAB, Simulink, SimMechanics.

Тема 4. Общие сведения о библиотеке MATLAB и ее приложениях. Меню командного окна. Настройка системы. Средства помощи пользователю.

Тема 5. Изучение пакетов визуального моделирования Simulink и SimMechanics. Организация работы с библиотекой. Основные разделы библиотеки. Виртуальные блоки. Подсистемы.

Тема 6. Построение моделей исполнительных двигателей и приводов электромеханических устройств. Модели механических систем. Модели исполнительных приводов с различными двигателями и структурой. Структурный синтез исполнительной кинематической цепи манипуляторов. Метод геометрического синтеза исполнительных кинематических цепей манипуляторов технологических роботов.

Тема 7. Построение моделей исполнительных двигателей и приводов электромеханических устройств. Понятие факторного пространства. Оценка качества и адекватности имитационной модели. Оценка влияния и взаимосвязи факторов.

Тема 8. Построение модели исполнительных приводов.

Модели исполнительных приводов с различными двигателями и структурой.

Тема 9. Построение моделей систем управления.

Модели роботов с позиционной, цикловой и контурной системами управления. Модели систем интеллектуального управления роботами.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы по дисциплине

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Структура фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведена в Приложении 1.

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная литература:

1. Бурьков, Д. В. Математическое и имитационное моделирование электротехнических и робототехнических систем : учебное пособие / Д. В. Бурьков, Ю. П. Волощенко ; Южный федеральный университет. - Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2020. - 159 с. - ISBN 978-5-9275-3625-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1308357> (дата обращения: 23.11.2021). – Режим доступа: по подписке.
2. Колесников, В. В. Моделирование характеристик и дефектов трехфазных асинхронных машин : учебное пособие / В. В. Колесников. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 144 с. — ISBN 978-5-8114-2673-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/167493> (дата обращения: 07.12.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Фурсов, В. Б. Моделирование электропривода : учебное пособие / В. Б. Фурсов. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 220 с. — ISBN 978-5-8114-3566-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/121467> (дата обращения: 07.12.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература:

1. Чернусь, П. П. Моделирование мехатронных систем : учебное пособие / П. П. Чернусь, П. П. Чернусь. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2018. — 54 с. — Текст : электронный // Лань :

электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/122100> (дата обращения: 23.11.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Аверченков, В. И. Основы математического моделирования технических систем : учебное пособие : [16+] / В. И. Аверченков, В. П. Федоров, М. Л. Хейфец. — 4-е изд., стер. — Москва : ФЛИНТА, 2021. — 271 с. : схем., ил., табл. — Режим доступа: по подписке. — URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=93344> (дата обращения: 07.12.2021). — Библиогр. в кн. — ISBN 978-5-9765-1278-8. — Текст : электронный.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

<http://www.biblioclub.ru/>
<http://www.diss.rsl.ru/>
<http://www.rucont.ru/>
<http://www.znaniy.com/>
<http://www.book.ru>
<http://e.lanbook.com/>
<http://www.biblio-online.ru>
<http://ies.unitech-mo.ru/>
<http://unitech-mo.ru/>

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины приведены в Приложении 2.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень программного обеспечения:MSOffice, MATLAB/Simulink (demo).

Информационные справочные системы: База книг и публикаций Электронной библиотеки "Наука и Техника" - <http://www.n-t.ru>

База бесплатные 3D модели для различных CAD систем www.3dcontentcentral.com

Интеллектуальные мобильные роботы. www.imobot.ru

Планирование траекторий мобильных роботов и рабочих органов манипуляторов. www.sourceforge.net/projects/ompl

Проект с открытым исходным кодом для управления роботами и их моделирования. www.playerstage.sourceforge.net

Ресурсы информационно-образовательной среды Университет:
Рабочая программа и методическое обеспечение по дисциплине
«Моделирование робототехнических систем».

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Лекционные занятия:

- аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран);
- комплект электронных презентаций по дисциплине.

Практические занятия:

- учебный класс, оснащенный вычислительной техникой (ПК);
- рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
- рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет.

Приложение 1

**Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации
обучающихся по дисциплине**

***ИНСТИТУТ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ
МАШИНОСТРОЕНИЯ***

КАФЕДРА ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО
ДИСЦИПЛИНЕ**

«МОДЕЛИРОВАНИЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ»

(Приложение 1 к рабочей программе)

Направление подготовки: 15.03.06 «Мехатроника и робототехника»

Направленность (профиль): Автоматизация производственных процессов

Уровень высшего образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

Королёв
2023

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

№ п/п	Индекс компетенции	Содержание компетенции	Раздел дисциплины, обеспечивающий формирование компетенции	В результате изучения раздела дисциплины, обеспечивающего формирование компетенции, (или ее части), обучающийся приобретает:		
				Трудовые действия	Необходимые умения	Необходимые знания
1	ПК-3.	Способен проводить проектные и опытно-конструкторские работы по изготовлению средств автоматизации и механизации технологических, подъемно-транспортных, погрузочно-разгрузочных операций механосборочного производства.	Тема 6. Построение моделей исполнительных кинематических цепей Тема 7. Построение моделей исполнительных приводов Тема 8. Построение моделей систем управления	Способен осуществлять сбор исходных данных для проведения проектных и опытно-конструкторские работ по изготовлению средств автоматизации и механизации технологических, подъемно-транспортных, погрузочно-разгрузочных операций механосборочного производства. Способен определять состав и количество средств автоматизации и механизации технологических процессов на основе исходных данных.	Умеет устанавливать исходные данные для проведения проектных и опытно-конструкторские работ по изготовлению средств автоматизации и механизации технологических, подъемно-транспортных, погрузочно-разгрузочных операций механосборочного производства.	Знает технические требования, предъявляемые к машиностроительным изделиям; основные свойства конструкционных материалов машиностроительных изделий, характеристик и основных видов исходных заготовок и способы их получения. Знает типы и конструктивные особенности средств автоматизации и механизации технологических, подъемно-транспортных, погрузочно-разгрузочных операций механосборочного производства

2	ПК-6.	Способен разрабатывать проекты по внедрению средств автоматизации и механизации технологических операций механосборочного производства.	Темы 2-8	Способен разрабатывать планы расположения средств автоматизации и механизации технологических процессов на участке.	Умеет рассчитывать необходимое количество средств автоматизации и механизации и разрабатывать план их размещения.	Знает принципы и правила размещения средств автоматизации и механизации технологических процессов на участке, методы расчета основного, вспомогательного оборудования и рабочих мест для различных типов производств. Знает технологические процессы механосборочного производства
---	-------	---	----------	---	---	--

2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания.

Характеристика уровней освоения компетенции		
Уровни	Содержание	Проявления
<i>Компетенция не сформирована</i>	Результаты обучения свидетельствуют об усвоении обучающимися некоторых, элементарных знаний основных вопросов	Допущенные ошибки и неточности показывают, что обучающиеся не овладели необходимой системой знаний
<i>Базовый</i>	Обучающийся обладает необходимой системой знаний и владеет некоторыми умениями	Обучающийся способен понимать и интерпретировать освоенную информацию, что является основой успешного формирования умений и навыков для решения практикоориентированных

		задач
<i>Продвинутый</i>	Обучающийся демонстрирует результаты на уровне осознанного выполнения трудовых действий, владения учебным материалом, учебными умениями и навыками	Обучающийся способен анализировать, проводить сравнение и обоснование выбора методов решения заданий в практикоориентированных ситуациях
<i>Высокий</i>	Высокий уровень является основой для формирования универсальных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций; соответствующих требованиям федерального государственного образовательного стандарта	Обучающийся способен использовать сведения из различных источников для успешного исследования и поиска решения в нестандартных практикоориентированных ситуациях

Код компетенции	Инструменты, оценивающие сформированность компетенции	Показатель оценивания компетенции	Критерии оценки
ПК-3, ПК-6	Доклад в форме презентации	<p><i>А) полностью сформирована (компетенция, освоена на высоком уровне) - 5 баллов</i></p> <p><i>Б) частично сформирована:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <i>• компетенция освоена на продвинутом уровне - 4 балла;</i> <i>• компетенция освоена на базовом уровне - 3 балла;</i> <p><i>В) не сформирована компетенция не сформирована) - 2 и менее баллов</i></p>	<p>Проводится устно с использованием мультимедийных систем, а также с использованием технических средств</p> <p>Время, отведенное на процедуру – 10 - 15 мин.</p> <p>Неявка – 0.</p> <p>Критерии оценки:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Соответствие представленной презентации заявленной тематике (1 балл). 2. Качество источников и их количество при подготовке доклада и разработке презентации (1 балл). 3. Владение информацией и способность отвечать на вопросы аудитории (1 балл). 4. Качество самой представленной

			<p>презентации (1 балл). 5. Оригинальность подхода и всестороннее раскрытие выбранной тематики (1 балл). Максимальная сумма баллов - 5 баллов. Результаты оценочной процедуры представляются обучающимся в срок не позднее 1 недели после проведения процедуры – для текущего контроля. Оценка проставляется в электронный журнал.</p>
ПК-3, ПК-6	Выполнение индивидуального задания	<p><i>А) полностью сформирована (компетенция, освоена на высоком уровне) - 5 баллов</i> <i>Б) частично сформирована:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>компетенция освоена на продвинутом уровне - 4 балла;</i> • <i>компетенция освоена на базовом уровне - 3 балла;</i> <p><i>В) не сформирована (компетенция не сформирована) - 2 и менее баллов</i></p>	<p>Проводится в письменной форме Критерии оценки: 1. Соответствие содержания реферата заявленной тематике (1 балл). 2. Качество источников и их количество при подготовке работы (1 балл). 3. Владение информацией и способность отвечать на вопросы аудитории (1 балл). 4. Качество самой представленной работы (1 балл). 5. Оригинальность подхода и всестороннее раскрытие выбранной тематики (1 балл). Максимальная сумма баллов - 5 баллов. Результаты оценочной процедуры представляются обучающимся в срок не позднее 1 недели после проведения процедуры – для текущего контроля. Оценка проставляется в электронный журнал.</p>

3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

3.1. Примерная тематика докладов в презентационной форме

1. Общие сведения о библиотеке MATLAB.
2. Пакет Simulink.
3. Пакеты идентификации.
4. Пакет для обработки сигналов.
5. Операторы и функции.
6. Работа с файлами.
7. Графическая визуализация в MATLAB.
8. Пользовательский интерфейс MATLAB.
9. Особенности виртуального эксперимента.
10. Понятие имитационного моделирования.
11. Пакеты анализа и синтеза в MATLAB.
12. Основные сведения о пакете SimMechanics.
13. Алгоритм проведения машинного эксперимента.
14. Планирование машинного эксперимента.
15. Тактика эксперимента.
16. Оценка адекватности модели.
17. Математическая модель двигателя постоянного тока.
18. Математическая модель асинхронного двигателя.
19. Математическая модель пьезодвигателей.
20. Математическая модель синхронного двигателя.
21. Структурные схемы мехатронных и робототехнических систем.
22. Модель контроллера.
23. Модель системы управления.
24. Модель поворотного модуля.
25. Модель привода с редуктором.
26. Модель механизма поступательного перемещения.
27. Модель механизма вертикального перемещения.
28. Компьютерное моделирование робота для сварки.
29. Компьютерное моделирование робота для лазерной обработки.
30. Компьютерное моделирование сборочного робота.

3.2. Примерная тематика индивидуальных заданий

Задача 1. Компьютерное моделирование движения тела под воздействием внешней силы в пакете SimMechanics среды математического

имитационного

блочного моделирования Simulink/MATLAB.

Задача 2. Компьютерное моделирование движения однозвенного и двухзвенного

физических маятников с помощью пакета расширения SimMechanics среды математического имитационного блочного моделирования Simulink/MATLAB.

Задача 3. Моделирование плоских рычажных механизмов с помощью пакета расширения Simmechanics/MATLAB.

Задача 4. Численное моделирование вертикального движения шара в вязкой среде, соударяющегося с упругим основанием, в среде MATLAB/Simulink.

Задача 5. Компьютерное моделирование движения мобильного робота с вибрационным приводом с помощью пакета расширения SimMechanics среды математического имитационного блочного моделирования Simulink/MATLAB.

Задача 6. Компьютерное моделирование движения механизма с зубчатым зацеплением в пакете MATLAB/Simulink/SimMechanics.

Задача 7. Компьютерное моделирование движения мобильного робота с дебалансным виброприводом в пакете MATLAB/SimMechanics.

Задача 8. Компьютерное моделирование многозвенного пространственного манипулятора в пакете MATLAB/SimMechanics.

Задача 9. Компьютерное моделирование обращенного маятника на управляемом ползуне в пакете SimMechanics среды математического имитационного блочного моделирования Simulink/MATLAB.

Задача 10. Компьютерное моделирование процесса вертикализации экзоскелета в пакете MATLAB/Simmechanics.

Задача 11. Компьютерное моделирование движения ползуна при действии сил сухого трения в пакете MATLAB/SimMechanics.

Задача 12. Составление модели и исследование передачи винт-гайка.

Задача 13. Моделирование механизма робота.

Задача 14. Моделирование датчика траектории движения.

Задача 15. Моделирование двигателя переменного тока.

4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Формой контроля знаний по дисциплине являются две текущие аттестации в виде тестов и заключительная аттестация в виде экзамена.

Неделя текущего контроля	Вид оценочного средства	Код компетенций, оценивающий знания, умения, навыки	Содержание оценочного средства	Требования к выполнению	Срок сдачи (неделя семестра)	Критерии оценки по содержанию и качеству с указанием баллов
--------------------------	-------------------------	---	--------------------------------	-------------------------	------------------------------	---

В соответствии с графиком учебного процесса	Контрольное задание	ПК-3; ПК-6	Выполнение задания в программе SimMechanics и Simulink	Компьютерное моделирование; время, отведенное на процедуру -45 минут	Результаты предоставляются в день проведения процедуры	Построить механизм, используя блоки SimMechanics и Simulink (2 баллов). 2. Создать управляющий файл. (1 балл). 3. Подключить кинематический привод к начальному звену или к другому элементу, по требованию преподавателя. (1 балла). 4. Исследовать движение механизма (подключить датчики, силы и др.), сделать вывод данных. (1 балла)
В соответствии с графиком учебного процесса	экзамен	ПК-3; ПК-6	2 вопроса и предоставленое выполненного индивидуального задания.	Экзамен проводится в устной форме, путем ответа на вопросы. Время отведенное на процедуру – 30 минут.	Результаты предоставляются в день проведения экзамена	Критерии оценки: «Отлично»: •знание основных понятий предмета; •умение использовать и применять полученные знания на практике; •работа на практических занятиях; •знание основных научных теорий, изучаемых предметов; •ответ на вопросы билета. «Хорошо»: •знание основных понятий предмета; •умение использовать и применять полученные знания на практике; •работа на

						<p>практических занятиях;</p> <ul style="list-style-type: none"> • знание основных научных теорий, изучаемых предметов; • ответы на вопросы билета • неправильно решено практическое задание <p>«Удовлетворительно»:</p> <ul style="list-style-type: none"> • демонстрирует частичные знания по темам дисциплин; • незнание неумение использовать и применять полученные знания на практике; • не работал на практических занятиях; <p>«Неудовлетворительно»:</p> <ul style="list-style-type: none"> • демонстрирует частичные знания по темам дисциплин; • незнание основных понятий предмета; • неумение использовать и применять полученные знания на практике; • не работал на практических занятиях; • не отвечает на вопросы.
--	--	--	--	--	--	--

4.1. Примерные типовые контрольные задания, выносимые на тестирование

№	Схема	Исходные данные
1	2	3
1	<p>Двойной маятник</p>	$L_{OC} = 0.5 \text{ (m)}$ $L_{CA} = 0.3 \text{ (m)}$ $\varphi = 50^\circ$ $\beta = 15^\circ$ Материал всех звеньев: алюминий АД ГОСТ 4784-97
2	<p>Маятник на наклонном основании</p>	$L_{OB} = 0.5 \text{ (m)}$ $L_{OA} = 0.35 \text{ (m)}, L_{AC} = 0.4 \text{ (m)}$ $\varphi = 30^\circ, \alpha = 40^\circ$ Материал всех звеньев: алюминий АД ГОСТ 4784-97 Двигатель подключён к поступательно-вращательному шарниру А, перемещает звено АС по всей длине ОВ со скоростью 200 об/мин.
3	<p>Двойной маятник на наклонном основании</p>	$L_{OB} = 0.5 \text{ (m)}$ $L_{OA} = 0.35 \text{ (m)}$ $L_{AC} = 0.4 \text{ (m)}, L_{CD} = 0.2 \text{ (m)}$ $\alpha = 30^\circ, \varphi = 40^\circ, \beta = 25^\circ$ Материал всех звеньев: алюминий АД ГОСТ 4784-97 Двигатель подключён к поступательно-вращательному шарниру А, перемещает звено АС по всей длине ОВ со скоростью 400 об/мин.

4.2. Типовые вопросы, выносимые на экзамен

1. Назначение моделирования. Классификация моделей.
2. Способы получения моделей, свойства моделей.
3. Основные этапы моделирования. Схема получения моделей.
4. Пример моделей в пространстве состояний.
5. Понятие имитационного моделирования.
6. Использование методов теории автоматического управления для исследования мехатронных модулей и роботов.
7. Методы моделирования при исследовании мехатронных и робототехнических систем. Законы поступательного движения.
8. Классификация электромеханических устройств.

9. Представление компонентов мехатронных и робототехнических систем типовыми динамическими звеньями.
10. Нелинейные характеристики мехатронных и робототехнических систем.
11. Структурные схемы компонентов мехатронных и робототехнических систем.
12. Факторное пространство.
13. Тактика эксперимента.
14. Оценка адекватности модели.
15. Регистрация результатов эксперимента.
16. Интервалы варьирования переменными.
17. Оценка результатов эксперимента.
18. Алгоритм проведения машинного эксперимента.
19. Компьютерное моделирование механизмов мехатронных и робототехнических систем с цикловым управлением.
20. Компьютерное моделирование механизмов мехатронных и робототехнических систем с позиционным управлением.

Итоговое начисление баллов по дисциплине осуществляется в соответствии с разработанной и внедренной балльно-рейтинговой системой контроля и оценивания уровня знаний и внеучебной созидательной активности обучающихся.

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

***ИНСТИТУТ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ
МАШИНОСТРОЕНИЯ***

КАФЕДРА ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО
ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ
«МОДЕЛИРОВАНИЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ»
(Приложение 2 к рабочей программе)**

Направление подготовки: 15.03.06 «Мехатроника и робототехника»

Направленность (профиль): Автоматизация производственных процессов

Уровень высшего образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

Королёв
2023

1. Общие положения

Целью освоения дисциплины является формирование знаний основ о современных методах функционального, математического и имитационного моделирования электромеханических систем; методов построения моделей робототехнических систем для конкретного применения и их компьютерной реализации.

Задачи дисциплины:

- усвоение основных принципов построения математических моделей механических, электромеханических, мехатронных систем,

- знание современные компьютерные средства исследования математических моделей различных систем и устройств, владеть навыками программирования в средах и программах: MATLAB, Simulink, SimMechanics.

2. Указания по проведению практических занятий

Практические занятия 1.

Вид практического занятия: практическая работа в группах.

Образовательные технологии: традиционная технология

Тема и содержание практического занятия: **Общие положения теории моделирования. Основные понятия и определения. Классификация моделей и их свойства.**

Моделирование: основные понятия и определения (аналогия, гипотеза, аналитическое и численное моделирование). Классификация моделей. Основные свойства моделей.

Продолжительность занятий составляет 2 ч.

Практические занятия 2.

Вид практического занятия: практическая работа в группах.

Образовательные технологии: традиционная технология

Тема и содержание практического занятия: **Методы получения моделей.**

Схема процесса получения моделей и ее основные этапы. Первичные и вторичные модели. Модели в пространстве состояний и параметров. Машинный, натурный и полунатурный эксперименты в моделировании и исследовании.

Продолжительность занятий составляет 2ч.

Практические занятия 3.

Вид практического занятия: практическая работа в группах.

Образовательные технологии: традиционная технология

Тема и содержание практического занятия: **Обзор современных компьютерных пакетов и программ математического моделирования.**

Особенности и основные возможности компьютерных пакетов MathCAD, MATLAB, Simulink, SimMechanics.

Продолжительность занятий составляет 2ч.

Практические занятия 4.

Вид практического занятия: практическая работа в группах.

Образовательные технологии: традиционная технология

Тема и содержание практического занятия: **Общие сведения о библиотеке MATLAB и ее приложениях.**

Меню командного окна. Настройка системы. Средства помощи пользователю.

Продолжительность занятий составляет 2ч.

Практические занятия 5.

Вид практического занятия: практическая работа в группах.

Образовательные технологии: традиционная технология

Тема и содержание практического занятия: **Изучение пакетов визуального моделирования Simulink и SimMechanics.** Организация работы с библиотекой. Основные разделы библиотеки. Виртуальные блоки. Подсистемы.

Исследование шарнирно-рычажного робота в системе SimMechanics.

Продолжительность занятий составляет 2ч.

Практические занятия 6.

Вид практического занятия: практическая работа в группах.

Образовательные технологии: традиционная технология

Тема и содержание практического занятия: **Построение моделей исполнительных двигателей и приводов электромеханических устройств.** Модели механических систем. Модели исполнительных приводов с различными двигателями и структурой. Структурный синтез исполнительной кинематической цепи манипуляторов. Метод геометрического синтеза исполнительных кинематических цепей манипуляторов технологических роботов.

Продолжительность занятий составляет 2ч.

Практические занятия 7.

Вид практического занятия: практическая работа в группах.

Образовательные технологии: традиционная технология

Тема и содержание практического занятия: **Построение моделей исполнительных двигателей и приводов электромеханических устройств.** Моделирование двигателя переменного тока.

Продолжительность занятий составляет 2ч.

Практические занятия 8.

Вид практического занятия: практическая работа в группах.

Образовательные технологии: традиционная технология

Тема и содержание практического занятия: **Построение моделей исполнительных двигателей и приводов электромеханических устройств.** Составление модели исполнительного двигателя постоянного тока.

Продолжительность занятий составляет 2ч.

Практические занятия 9.

Вид практического занятия: практическая работа в группах.

Образовательные технологии: традиционная технология

Тема и содержание практического занятия: **Построение модели исполнительных приводов.**

Модели исполнительных приводов с различными двигателями и структурой.

Продолжительность занятий составляет 2ч.

Практические занятия 10.

Вид практического занятия: практическая работа в группах.

Образовательные технологии: традиционная технология

Тема и содержание практического занятия: **Построение модели исполнительных приводов.**

Компьютерное моделирование следящего привода.

Продолжительность занятий составляет 2ч.

Практические занятия 11.

Вид практического занятия: практическая работа в группах.

Образовательные технологии: традиционная технология

Тема и содержание практического занятия: **Построение моделей систем управления.** Модели роботов с позиционной, цикловой и контурной системами управления. Модели систем интеллектуального управления роботами.

Продолжительность занятий составляет 2ч.

Практические занятия 12.

Вид практического занятия: практическая работа в группах.

Образовательные технологии: традиционная технология

Тема и содержание практического занятия:

Построение моделей систем управления. Компьютерное моделирование робота с позиционным, цикловым управлением.

Продолжительность занятий составляет 2ч.

3. Указания по проведению лабораторного практикума

Не предусмотрен учебным планом.

4. Указания по проведению самостоятельной работы студентов

Таблица 2 - Тематическое содержание самостоятельной работы

№ п/п	Виды самостоятельной работы	Перечень заданий
1	Тема 7. Построение моделей исполнительных двигателей и приводов электромеханических устройств.	Подготовка докладов 5. Общие сведения о библиотеке MATLAB. 6. Пакет Simulink. 7. Пакеты идентификации. 8. Пакет для обработки сигналов. 5. Операторы и функции. 6. Работа с файлами. 7. Графическая визуализация в MATLAB. 8. Пользовательский интерфейс MATLAB. 9. Особенности виртуального эксперимента 10. Понятие имитационного моделирования
2	Тема 8. Построение моделей исполнительных двигателей и приводов электромеханических устройств.	Подготовка докладов 1. Пакеты анализа и синтеза в MATLAB. 2. Основные сведения о пакете SimMechanics. 3. Алгоритм проведения машинного эксперимента. 4. Планирование машинного эксперимента 5. Тактика эксперимента 6. Оценка адекватности модели 7. Математическая модель двигателя постоянного тока. 8. Математическая модель асинхронного двигателя 9. Математическая модель пьезодвигателей 10. Математическая модель синхронного двигателя 11. Структурные схемы мехатронных и робототехнических систем.
3	Тема 9. Построение моделей систем управления	Подготовка докладов 1. Модель контроллера. 2. Модель системы управления. 3. Модель поворотного модуля. 4. Модель привода с редуктором. 5. Модель механизма поступательного перемещения. 6. Модель механизма вертикального перемещения. 7. Компьютерное моделирование робота для сварки. 8. Компьютерное моделирование робота для лазерной обработки.

		9. Компьютерное сборочного робота.	моделирование
--	--	---------------------------------------	---------------

5. Указания по проведению контрольных работ обучающихся очной формы обучения

5.1. Требования к структуре

Структура контрольной работы должна способствовать раскрытию темы: иметь титульный лист, содержание, введение, основную часть, заключение, список литературы.

5.2. Требования к содержанию

1. Во введении обосновывается актуальность темы, определяется цель работы, задачи и методы исследования.

2. При определении целей и задач исследования необходимо правильно их формулировать. Так, в качестве цели не следует употреблять глагол «сделать». Правильно будет использовать глаголы: «раскрыть», «определить», «установить», «показать», «выявить» и т.д.

3. Основная часть работы включает вопросы, каждый из которых посвящается решению задач, сформулированных во введении, и заканчивается констатацией итогов.

4. Приветствуется иллюстрация содержания работы таблицами, графическим материалом (рисунками, схемами и т.п.).

5. Необходимо давать ссылки на используемую Вами литературу.

6. Заключение должно содержать сделанные автором работы выводы, итоги исследования.

7. Вслед за заключением идет список литературы, который должен быть составлен в соответствии с установленными требованиями. Если в работе имеются приложения, они оформляются на отдельных листах, и должны быть соответственно пронумерованы.

5.3. Требования к оформлению

Объём контрольной работы – 15...20 страниц формата А4, напечатанного с одной стороны текста (1,5 интервал, шрифт TimesNewRoman). Контрольная работа должна быть также представлена в электронном виде.

5.4. Примерная тематика контрольных работ

1. Создать трехмерную компьютерную модель и создать сценарий симуляции простейшего механического захвата для манипулятора.

2. Создание симуляции упрощенного мобильного робота и реализация алгоритма управления в автономном режиме. Модель робота должна обладать минимальными характеристиками колесного робота. Алгоритм управления должен обеспечивать движение по замкнутому контуру, основываясь на данных с датчиков.

3. Смоделировать процесс работы промышленного манипулятора, оснащенного сенсором. Манипулятор должен быть запрограммирован на поиск объекта заданного цвета, который лежит в рабочей зоне манипулятора. После обнаружения объекта манипулятор должен остановить поиск и подвести конечное звено для захвата объекта.

6. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература:

1. Бурьков, Д. В. Математическое и имитационное моделирование электротехнических и робототехнических систем : учебное пособие / Д. В. Бурьков, Ю. П. Волощенко ; Южный федеральный университет. - Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2020. - 159 с. - ISBN 978-5-9275-3625-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1308357> (дата обращения: 23.11.2021). – Режим доступа: по подписке.

2. Колесников, В. В. Моделирование характеристик и дефектов трехфазных асинхронных машин : учебное пособие / В. В. Колесников. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 144 с. — ISBN 978-5-8114-2673-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/167493> (дата обращения: 07.12.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Фурсов, В. Б. Моделирование электропривода : учебное пособие / В. Б. Фурсов. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 220 с. — ISBN 978-5-8114-3566-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/121467> (дата обращения: 07.12.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература:

3. Чернусь, П. П. Моделирование мехатронных систем : учебное пособие / П. П. Чернусь, П. П. Чернусь. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2018. — 54 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/122100> (дата обращения: 23.11.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Аверченков, В. И. Основы математического моделирования технических систем : учебное пособие : [16+] / В. И. Аверченков, В. П. Федоров, М. Л. Хейфец. – 4-е изд., стер. – Москва : ФЛИНТА, 2021. – 271 с. : схем., ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=93344> (дата обращения:

07.12.2021). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9765-1278-8. – Текст :
электронный.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

<http://www.biblioclub.ru/>
<http://www.diss.rsl.ru/>
<http://www.rucont.ru/>
<http://www.znaniyum.com/>
<http://www.book.ru>
<http://e.lanbook.com/>
<http://www.biblio-online.ru>
<http://ies.unitech-mo.ru/>
<http://unitech-mo.ru/>

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень программного обеспечения: **MSOffice** (для создания отчетов),
MATLAB/Simulink (demo).

Информационные справочные системы:

База книг и публикаций Электронной библиотеки "Наука и Техника" -

<http://www.n-t.ru>

База бесплатные 3D модели для различных CAD систем

www.3dcontentcentral.com

Интеллектуальные мобильные роботы. www.imobot.ru

Планирование траекторий мобильных роботов и рабочих органов
манипуляторов. www.sourceforge.net/projects/ompl

Проект с открытым исходным кодом для управления роботами и их
моделирования. www.playerstage.sourceforge.net

Ресурсы информационно-образовательной среды Университет:

Рабочая программа и методическое обеспечение по дисциплине
«Моделирование робототехнических систем».