МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра №32

«УТВЕРЖДАЮ»
Руководитель направления
доц., к.т.н., доц.
(должность, уч. степень, звание)
С.В. Солёный
(подпись)
«24» марта 2022 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Моделирование и исследование роботов и робототехнических систем»
(Название дисциплины)

Код направления	15.03.06
Наименование направления/ специальности	Мехатроника и робототехника
Наименование направленности	Робототехника
Форма обучения	очная

Санкт-Петербург– 2022 г.

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил(а)

_ доц., к.т.н. _____ _____ А.И. Савельев

должность, уч. степень, звание подпись, дата инициалы, фамилия

Программа одобрена на заседании кафедры № 32

«21» марта 2022 г, протокол № 8

Заведующий кафедрой № 32

доц., к.т.н., доц. _____ С.В. Солёный

должность, уч. степень, звание подпись, дата инициалы, фамилия

Ответственный за ОП 15.03.06(01)

доц., к.т.н., доц. _____ О.Я. Солёная

должность, уч. степень, звание подпись, дата инициалы, фамилия

Заместитель директора института (декана факультета) № 3 по методической работе

Ст. преп. _____ Н.В. Решетникова

должность, уч. степень, звание подпись, дата инициалы, фамилия

: g g h l Z p b y

Дисциплина «Моделирование и исследование роботов и робототехнических систем» входит в вариативную часть образовательной программы подготовки обучающихся по направлению 15.03.06 «Мехатроника и робототехника» направленность «Робототехника». Дисциплина реализуется кафедрой №32.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника

общекультурных компетенций:

ОК-7 «способность к самоорганизации и самообразованию»;

профессиональных компетенций:

ПК-1 «способность составлять математические модели мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных элементов и модулей, включая информационные, электромеханические, гидравлические, электрогидравлические, электронные устройства и средства вычислительной техники»,

ПК-2 «способность разрабатывать программное обеспечение, необходимое для обработки информации и управления в мехатронных и робототехнических системах, а также для их проектирования»,

ПК-5 «способность проводить эксперименты на действующих макетах, образцах мехатронных и робототехнических систем по заданным методикам и обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств»,

ПК-6 «способность проводить вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных пакетов с целью исследования математических моделей мехатронных и робототехнических систем»,

ПК-9 «способность участвовать в качестве исполнителя в научно-исследовательских разработках новых робототехнических и мехатронных систем».

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с математическим моделированием и исследованием процессов, характерных для функционирования роботов и робототехнических систем.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные работы, практические занятия, самостоятельная работа обучающегося.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме экзамена.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский».

1. l _ j _ q _ gev Z g b j m _ fju a m e v l Zhl[m\ q _ gby ^ y b k p b i e b g _

1.1. P _ ebj _ i h ^ Z \ Z g ^ by k p b i e b g u

Целью дисциплины является ознакомление студентов с теоретическими и практическими аспектами математического моделирования и исследования процессов, характерных для функционирования роботов и робототехнических систем.

1.2. l _ j _ q _ g v i e Z g b j m _ f u o j _ a m e v l Z l h \ h [m q _ g b y i h ^ b k p b i e i e Z g b j m _ f u j f b a m e v l Z l Z f b h k H h _ g b y

В результате освоения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

ОК-7 «способность к самоорганизации и самообразованию»:
знать – основные методы и способы моделирования и исследования технических систем;
уметь – применять инновации и современные научные достижения для решения профессиональных задач, применять на практике методы математического моделирования и исследования систем и процессов для решения типовых прикладных задач;
владеть навыками – структурной и параметрической идентификации математических моделей, использования соответствующего математического аппарата для решения прикладных задач;
иметь опыт деятельности в нестандартных ситуациях, нести ответственность за принятые решения.

ПК-1 «способность составлять математические модели мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных элементов и модулей, включая информационные, электромеханические, гидравлические, электрогидравлические, электронные устройства и средства вычислительной техники»:
знать – принципы построения математических моделей основных узлов и агрегатов мехатронных устройств и робототехнических систем, основы теории электрических гидравлических и пневматических приводов, принципы построения систем автоматического управления;
уметь – составлять математические модели типовых узлов и агрегатов мехатронных устройств и робототехнических систем;
владеть навыками – использования современных пакетов прикладных программ при проектировании математических моделей типовых узлов и агрегатов мехатронных устройств и робототехнических систем;
иметь опыт деятельности – в области проектирования мехатронных и робототехнических систем.

ПК-2 «способность разрабатывать программное обеспечение, необходимое для обработки информации и управления в мехатронных и робототехнических системах, а также для их проектирования»:
знать – типовое программное обеспечение для обработки информации в мехатронных и робототехнических системах;
уметь – использовать типовое программное обеспечение для обработки информации в мехатронных и робототехнических системах;
владеть навыками – разработки программного обеспечения для обработки информации в мехатронных и робототехнических системах;
иметь опыт деятельности по разработке программного обеспечения для обработки информации в мехатронных и робототехнических системах.

ПК-5 «способность проводить эксперименты на действующих макетах, образцах мехатронных и робототехнических систем по заданным методикам и обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств»:
знать – общую схему проведения научного исследования, технологии формулирования рабочей гипотезы научного исследования, правила применения логических законов и правил;
уметь – грамотно подходить к решению как практических, так и теоретических научно-исследовательских задач;
владеть навыками – проведения экспериментов на действующих макетах, образцах мехатронных и робототехнических систем по заданным методикам;
иметь опыт деятельности по обработке результатов экспериментов с применением современных информационных технологий и технических средств.

ПК-6 «способность проводить вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных пакетов с целью исследования математических моделей мехатронных и робототехнических систем»:
знать – основные методы работы со стандартными пакетами прикладных программ, ориентированных на исследования динамики технических систем;
уметь – работать со стандартными пакетами для исследования динамики мехатронных и робототехнических систем;
владеть навыками – проведения вычислительных экспериментов с целью исследования математических моделей мехатронных и робототехнических систем;
иметь опыт деятельности по применению стандартных программных пакетов при проведении вычислительных экспериментов с математическими моделями мехатронных и робототехнических систем, а также обработки полученных результатов.

ПК-9 «способность участвовать в качестве исполнителя в научно-исследовательских разработках новых робототехнических и мехатронных систем»:
знать – правила выполнения схем и чертежей конструкторской и технологической документации;
уметь – читать схемы и чертежи конструкторской и технологической документации;
владеть навыками – навыками участия в решении научно-исследовательских задач;
иметь опыт деятельности – по разработке эскизных и рабочих проектов мехатронных и робототехнических систем.

2. F _ k l h b k p b i e b\gkul j m d l mHj l_

Дисциплина базируется на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- Математика. Математический анализ;
- Дискретная математика;
- Теория автоматического управления;
- Информационные технологии;
- Электрические и гидравлические приводы мехатронных и робототехнических устройств;
- Информационные устройства и системы в робототехнике;
- Идентификация робототехнических систем.

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и используются при изучении других дисциплин:

- Управление роботами и робототехническими системами;
- Выполнение выпускной квалификационной работы

3. H [t _ f ^ b k p b i e b \ g A u ? Z d Z ^ q _ Z f k

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 1

Таблица 1 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№8
1	2	3
H [s Z y l j m ^ h _ f d h k l v ^ b k p b i e b g u (ЗЕ), (час)	3/ 108	3/ 108
B a g b o q Z k h j \ Z d l b q _ k d h c i h ^] h l h \ d b	8	8
: m ^ b l h j g a Z g y l b c < l h f q b k e _ , всего час.,	20	20
лекции (Л), (час)	10	10
Практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	10	10
лабораторные работы (ЛР), (час)		
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
Экзамен, (час)	27	27
K Z f h k l h y l _ e v j g Z h y l , Z всего	61	61
< b ^ i j h f _ ` m l h q g h] h d h g зачет, дифф. зачет, экзамен A Z q _ l > b n n a Z q W d a	Экз.	Экз.

4. K h ^ _ j ` Z g ^ b _ k p b i e b g u

4.1. J Z k i j _ ^ _ e _ g b _ l j m ^ h _ f d h k l b ^ b k p b i e b g u i h j Z a ^ _ e b Z \ f b ^ Z a Z g y l b c

Разделы и темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 2.

Таблица 2. – Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 8					
Раздел 1. Моделирование как способ исследования робототехнических систем. Математические модели РТС и их элементов.	1	1			8
Раздел 2. Структурно-функциональное представление РТС	1	1			8
Раздел 3. Методы моделирования уравнений динамики манипуляционного механизма.	1	1			9

Раздел 4. Автоматизация составления математических моделей.	2	2			9
Раздел 5. Применение машинной графики для представления пространственных сцен.	2	2			9
Раздел 6. Особенности моделирования движения роботов и РТС в реальном времени на цифровых машинах.	1	1			9
Раздел 7. Использование математических моделей при автоматизированном проектировании, программировании и управлении роботами и РТС.	2	2			9
Итого в семестре:	10	10			61
Итого:	10	10	0	0	61

4.2. K h ^ _ j ` Z g j Z a ^ _ e b h l \ _ f e _ d p b h g e g y l b c

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 3.

Таблица 3 - Содержание разделов и тем лекционных занятий

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
1	1.1 Дискретные модели роботов и робототехнических систем. 1.2 Дискретизация непрерывных сигналов. 1.3 Изменение спектра сигнала при его дискретизации по времени. 1.4 Применение теоремы Котельникова для оценки требуемой величины периода дискретизации непрерывных сигналов.
2	2.1 Квантование аналоговых сигналов по уровню. 2.2 Максимальная погрешность квантования. 2.3 Среднеквадратическая погрешность квантования. 2.4Отношение сигнал/шум на выходе квантователя.
3	3.1 Основные способы перехода от непрерывных моделей к дискретным. 3.2 Метод левых прямоугольников. 3.3 Метод правых прямоугольников. Метод трапеций.
4	4.1 Линейные динамические дискретные параметрические модели. 4.2 Обыкновенные разностные уравнения. 4.3 Дискретные передаточные функции. 4.4 Дискретные модели при учёте запаздывания сигнала в объекте. 4.5 Дискретная импульсная характеристика. 4.6 Уравнение дискретной свёртки. 4.7 Дискретная переходная функция. 4.8 Частотные характеристики дискретных систем. 4.9 Комплексная частотная характеристика.

	4.10 АЧХ, ФЧХ. 4.11 Уравнения дискретных систем в пространстве состояний. 4.12 Структурное представление дискретной модели объекта в пространстве состояний.
5	5.1 Авторегрессионные модели скользящего среднего. 5.2 AR-модель. 5.3 ARX-модель. 5.4 ARMAX-модель. 5.5 MAX-модель. 5.6 OE-модель. 5.7 BJ-модель.
6	6.1 Техническая реализация дискретных устройств. 6.2 Критерии сравнения способов реализации. 6.3 Выбор структурной схемы дискретных устройств. 6.4 Прямая форма рекурсивных и нерекурсивных дискретных устройств. 6.5 Каноническая форма реализации дискретных устройств. 6.6 Каскадная и параллельная формы реализации дискретных устройств.
7	7.1 Нелинейные динамические модели дискретных устройств. 7.2 Основные подходы к получению математических моделей нелинейных систем. 7.3 Нелинейные дифференциальные уравнения. 7.4 Модели Гаммерштейна. 7.5 Разложение Вольтерра. 7.6 Описание нелинейных устройств в пространстве состояний. 7.7 Нелинейные регрессии.

4.3. l j Z d l b q _ k d b _ k _ f b g Z j k d b _ a Z g y l b y

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Практическая подготовка, час	№ раздела дисци п-лины
Семестр 8					
1	Моделирование как способ исследования робототехнических систем. Математические модели РТСи их элементов.	Решение ситуационных задач	1	1	1
2	Структурно-функциональное представление РТС	Решение ситуационных задач	1	1	2
3	Методы моделирования уравненийдинамики манипуляционного	Решение ситуационных задач	1	1	3

	механизма.				
4	Автоматизация составления математических моделей.	Решение ситуационных задач	2	1	4
5	Применение машинной графики дляпредставления пространственных сцен.	Решение ситуационных задач	2	1	5
6	Особенности моделирования движения роботов и РТС в реальномвремени на цифровых машинах.	Решение ситуационных задач	1	1	6
7	Использование математических моделей при автоматизированном проектировании, программировании иуправлении роботами и РТС.	Решение ситуационных задач	2	2	7
		Всего	10	8	

4.4. E Z [h j Z l h j gauZ_g y l b y

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено				
Всего:				

4.5. D m j k h \ ih_ d l b j h \ Z gjkZ [h l Z

Учебным планом не предусмотрено

4.6. K Z f h k l h y l _ e jvZ g[Zhy Z [m q Z x s b o k y

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 8, час
1	2	3
K Z f h k l h y l _ e jvZ g[Zhy Z всего	61	61
изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	40	40
курсовое проектирование (КП, КР)		
расчетно-графические задания (РГЗ)		
выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю (ТК)	11	11
домашнее задание (ДЗ)	10	10
контрольные работы заочников (КРЗ)		

5. l _ j _ q _ gmvq _ [g h- f _ l h ^ b qh_[k_dkhi]hq _^gebyk Z f h k l h y l _ e v g h c j Z [h l uh [m q Z x s bichk^yb k p b i e b fgh_^ m e x

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 8-10.

6. l _ j _ q _ gmvk g h \ gbh^chi h e g b l _ e vebhl_ j Z l m j u

6.1. H k g h \ g Z y e b l _ j Z l m j Z

Перечень основной литературы приведен в таблице 7.

Таблица 7 – Перечень основной литературы

Шифр	Библиографическая ссылка / URL адрес	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
	https://autocad-lessons.ru/samouchitel-solidworks/	
	https://www.solidworks.com/sw/docs/Student_WB_2011_RUS.pdf	
	Основы программирования на языке Python: метод. пособие/ А. И. Савельев, И. В. Ватаманюк, Н. А. Павлюк, С. В. Кулешов, А. А. Зайцева, А. Ю. Аксенов– СПб.: ГУАП, 2018. – 42 с.	50
ISBN 978-5-369-01167-6	Моделирование систем и процессов: Учебное пособие / Н.Г. Чикуров. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2013. - 398 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=392652	
	Первозванский, А.А. Курс теории автоматического управления [Электронный ресурс]: учебное пособие. – СПб.: Лань, 2015. – 624 с.: доступ http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=68460	

	Певзнер, Л.Д. Теория систем управления [Электронный ресурс]: учебное пособие. – СПб.: Лань, 2013. – 421 с.: доступ http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=68469	
	Гапанович, В.С. Методы решения оптимизационных задач [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.С. Гапанович, И.В. Гапанович. – Тюмень: ТюмГНГУ (Тюменский государственный нефтегазовый университет), 2014. – 272 с.: доступ http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=64530	
	Рубан А. И. Адаптивные системы управления с идентификацией [Электронный ресурс]: монография. – Сибирский федеральный университет, 2015. – 140 с.: доступ http://www.knigafund.ru	

6.2. > h i h e g b l _ e v g Z y e b l _ j Z l m j Z

Перечень дополнительной литературы приведен в таблице 8.

Таблица 8 – Перечень дополнительной литературы

Шифр	Библиографическая ссылка / URL адрес	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
УДК 681: 511.4.015	Игнатьев А.А. Основы теории идентификации объектов управления: учеб. пособие / А.А. Игнатьев, С.А. Игнатьев. Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2008. 44 с.	
УДК: 681.5: 681.3(075.8)	Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник в 5-и тт.; 2-е изд., перераб. и доп. Т. 2: Статистическая динамика и идентификация систем автоматического управления / Под ред. К.А. Пупкова, Н.Д. Егупова. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004	
УДК 621(075.8)	Идентификация и диагностика систем: учеб. для студ. высш. учеб. заведений/ А.А. Алексеев, Ю.А. Кораблев, М.Ю. Шестопалов. – М.: Издательский центр «Академия», 2009.–352 с.	
	Подчукаев В.А. Теория автоматического управления (Аналитические методы) [Электронный ресурс]: учеб. для вузов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. – 392 с.: доступ: www.knigafund.ru.	
	Шаронов А. В. Методы функционального анализа в теории систем автоматического управления [Электронный ресурс]: учебное пособие. – М.: Московский государственный горный университет, 2005. – 239 с.: доступ www.knigafund.ru.	
	Ощепков, А.Ю. Системы автоматического управления: теория, применение, моделирование в MATLAB [Электронный ресурс]: учебное пособие. – СПб.: Лань, 2013. – 208 с.: доступ http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=68463	

7. l _ j _ q _ g v j _ k m j k h \ b g n h-jlf_Zep_bdhhgfdjm g b d Z p b h g g h c B G L ? J G ?dl_ h [o h ^ b f^ueoh k \ h _ g^bbyk p b i e b g u

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых для освоения дисциплины

URL адрес	Наименование
https://elibrary.ru/	Научная электронная библиотека

8. l _ j _ q _ gv g n h j f Z p b h g lg_ uo g h e h]bk ci h e v a m _ ij fu o h k m s _ k l \ e _ h g jb Z ba h \ Z l _ e vi jg hp]_ h k kh Z ^ b k p b i e b g _

8.1. l _ j _ q _ g v ij h] j Z f f g h] h h [_ k i _ q _ g b y

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
1	MathWorks Matlab R2012b
2	SolidWorks

8.2. l _ j _ q _ g v b g n h j f Z - pk bi h Z g \ h hq g u o k b k l _ f

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

9. F Z l _ j b Z e - vi g_ lo g b q _ k [dZ Z a y Z g _ h [o h ^ b ^ f e Z y h k m s _ k l \ e _ g b y h [j Z a h \ Z l _ e vi jg hp]_ h k k Z ^ bk k p b i e b g _

Состав материально-технической базы представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Лекционная аудитория	21-28
2	Компьютерный класс	21-23

10. N h g h p _ g h q g k ui _ o ^ k h \ e y ij h \ _ ^ _ g ij y h f _ ` m l h q g Z h c _ k l Z p b b h [m q Z x s bi h k y b k p b i e b g _

10.1. Состав фонда оценочных средств приведен в таблице 13

Таблица 13 - Состав фонда оценочных средств для промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Примерный перечень оценочных средств
Экзамен	Список вопросов к экзамену; Задачи;

10.2. Перечень компетенций, относящихся к дисциплине, и этапы их формирования в процессе освоения образовательной программы приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Номер семестра	Этапы формирования компетенций по дисциплинам/практикам в процессе освоения ОП
ОК-7 «способность к самоорганизации и самообразованию»	
1	Культурология
1	Правоведение
1	Иностранный язык
1	Прикладная физическая культура (элективный модуль)
1	Введение в направление
2	Иностранный язык
2	История
2	Прикладная физическая культура (элективный модуль)
2	Безопасность жизнедеятельности
2	Учебная практика
3	Философия
3	Электротехника
3	Прикладная физическая культура (элективный модуль)
3	Иностранный язык
4	Основы профилизации
4	Электроника
4	Электротехника
4	Социология и политология
4	Иностранный язык
4	Прикладная физическая культура (элективный модуль)
4	Производственная практика
5	Силовая электроника
5	Электроника
5	Физическая культура
5	Прикладная физическая культура (элективный модуль)
5	Электрические машины
5	Защита интеллектуальной собственности
5	Электрические и гидравлические приводы мехатронных и робототехнических устройств
6	Прикладная физическая культура (элективный модуль)
6	Физическая культура
6	Электроприводы аэрокосмических робототехнических систем
6	Математические методы исследования в электромеханике
6	Производственная практика(научно-исследовательская работа)
6	Управление роботами и робототехническими системами
6	Информационные устройства и системы в робототехнике
6	Силовая электроника
6	Контроль качества технологических операций

6	Микропроцессорная техника в мехатронике и робототехнике
7	Управление роботами и робототехническими системами
7	Проектирование электроприводов
7	Менеджмент в мехатронике и робототехнике
7	Микропроцессорная техника в мехатронике и робототехнике
7	Идентификация робототехнических систем
7	Оптимальные системы
7	Информационные технологии и системы в электромеханике и электроэнергетике
7	Моделирование в электромеханике
7	Исполнительные устройства робототехнических систем
7	Методы нечеткого управления в робототехнических системах и комплексах
8	Надежность робототехнических систем
8	Теория подобия и моделирования
8	Управление роботами и робототехническими системами
8	Проблемы разработки и внедрения современных робототехнических систем
8	Экспериментальные методы исследования
8	Проектирование электроприводов
8	Моделирование в электромеханике
8	Моделирование и исследование роботов и робототехнических систем
8	Контроль и диагностика робототехнических систем и комплексов
8	Системы с искусственным интеллектом
8	Конструирование, расчет и проектирование электромеханических и электроэнергетических устройств
8	Проектирование роботов и робототехнических систем
8	Производственная преддипломная практика
ПК-1 «способность составлять математические модели мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных элементов и модулей, включая информационные, электромеханические, гидравлические, электрогидравлические, электронные устройства и средства вычислительной техники»	
3	Электротехника
3	Компьютерная графика в профессиональной сфере
4	Метрология
4	Электроника
4	Электротехника
5	Программное обеспечение мехатронных и робототехнических систем
5	Электрические и гидравлические приводы мехатронных и робототехнических устройств
5	Электрические машины
5	Теория автоматического управления

5	Электроника
5	Силовая электроника
6	Электроприводы аэрокосмических робототехнических систем
6	Силовая электроника
6	Теория автоматического управления
6	Математические методы исследования в электромеханике
6	Управление роботами и робототехническими системами
6	Проектирование вторичных источников питания
6	Электромеханические и полупроводниковые преобразователи электрической энергии
6	Микропроцессорная техника в мехатронике и робототехнике
6	Информационные устройства и системы в робототехнике
6	Контроль качества технологических операций
7	Моделирование в электромеханике
7	Микропроцессорная техника в мехатронике и робототехнике
7	Автоматизация расчета и проектирования роботов и РТС
7	Информационные технологии и системы в электромеханике и электроэнергетике
7	Оптимальные системы
7	Методы нечеткого управления в робототехнических системах и комплексах
7	Проектирование электроприводов
7	Исполнительные устройства робототехнических систем
7	Теория автоматического управления
7	Идентификация робототехнических систем
7	Управление роботами и робототехническими системами
8	Конструирование, расчет и проектирование электромеханических и электроэнергетических устройств
8	Проблемы разработки и внедрения современных робототехнических систем
8	Проектирование роботов и робототехнических систем
8	Моделирование в электромеханике
8	Проектирование электроприводов
8	Надежность робототехнических систем
8	Системы с искусственным интеллектом
8	Моделирование и исследование роботов и робототехнических систем
8	Теория подобия и моделирования
8	Контроль и диагностика робототехнических систем и комплексов
8	Управление роботами и робототехническими системами
ПК-2 «способность разрабатывать программное обеспечение, необходимое для обработки информации и управления в мехатронных и робототехнических системах, а также для их проектирования»	

3	Электротехника
4	Электротехника
5	Программное обеспечение мехатронных и робототехнических систем
5	Теория автоматического управления
6	Управление роботами и робототехническими системами
6	Информационные устройства и системы в робототехнике
6	Производственная практика(научно-исследовательская работа)
6	Теория автоматического управления
7	Исполнительные устройства робототехнических систем
7	Теория автоматического управления
7	Управление роботами и робототехническими системами
7	Методы нечеткого управления в робототехнических системах и комплексах
7	Информационные технологии и системы в электромеханике и электроэнергетике
7	Оптимальные системы
7	Моделирование в электромеханике
7	Проектирование электроприводов
7	Автоматизация расчета и проектирования роботов и РТС
8	Проектирование электроприводов
8	Управление роботами и робототехническими системами
8	Моделирование и исследование роботов и робототехнических систем
8	Моделирование в электромеханике
ПК-5 «способность проводить эксперименты на действующих макетах, образцах мехатронных и робототехнических систем по заданным методикам и обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств»	
3	Электротехника
4	Электротехника
5	Теория автоматического управления
6	Теория автоматического управления
6	Информационные устройства и системы в робототехнике
6	Производственная практика(научно-исследовательская работа)
7	Теория автоматического управления
7	Оптимальные системы
8	Моделирование и исследование роботов и робототехнических систем
8	Экспериментальные методы исследования
8	Производственная преддипломная практика
ПК-6 «способность проводить вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных пакетов с целью исследования математических моделей	

мехатронных и робототехнических систем»	
1	Информатика
2	Информатика
2	Учебная практика
5	Программное обеспечение мехатронных и робототехнических систем
6	Управление роботами и робототехническими системами
7	Управление роботами и робототехническими системами
7	Автоматизация расчета и проектирования роботов и РТС
8	Управление роботами и робототехническими системами
8	Моделирование и исследование роботов и робототехнических систем
ПК-9 «способность участвовать в качестве исполнителя в научно-исследовательских разработках новых робототехнических и мехатронных систем»	
5	Защита интеллектуальной собственности
5	Силовая электроника
6	Проектирование вторичных источников питания
6	Управление роботами и робототехническими системами
6	Силовая электроника
7	Исполнительные устройства робототехнических систем
7	Автоматизация расчета и проектирования роботов и РТС
7	Идентификация робототехнических систем
7	Управление роботами и робототехническими системами
7	Информационные технологии и системы в электромеханике и электроэнергетике
8	Контроль и диагностика робототехнических систем и комплексов
8	Проблемы разработки и внедрения современных робототехнических систем
8	Конструирование, расчет и проектирование электромеханических и электроэнергетических устройств
8	Проектирование роботов и робототехнических систем
8	Надежность робототехнических систем
8	Управление роботами и робототехническими системами
8	Моделирование и исследование роботов и робототехнических систем
8	Производственная преддипломная практика

10.3. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) у обучающихся компетенций применяется шкала модульно–рейтинговой системы университета. В таблице 15 представлена 100–балльная и 4-балльная шкалы для оценки сформированности компетенций.

Таблица 15 –Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции		Характеристика сформированных компетенций
100-балльная	4-балльная шкала	

шкала		
85 dK d100	«отлично» «зачтено»	- обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал; - уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; - опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; - умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; - делает выводы и обобщения; - свободно владеет системой специализированных понятий.
70 dK d84	«хорошо» «зачтено»	- обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; - не допускает существенных неточностей; - увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; - аргументирует научные положения; - делает выводы и обобщения; - владеет системой специализированных понятий.
55 dK d69	«удовлетво-рительно» «зачтено»	- обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; - допускает несущественные ошибки и неточности; - испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; - слабо аргументирует научные положения; - затрудняется в формулировании выводов и обобщений; - частично владеет системой специализированных понятий.
K d54	«неудовлетворительно» «не зачтено»	- обучающийся не усвоил значительной части программного материала; - допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; - испытывает трудности в практическом применении знаний; - не может аргументировать научные положения; - не формулирует выводов и обобщений.

10.4. Типовые контрольные задания или иные материалы:

1. Вопросы (задачи) для экзамена (таблица 16)

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена
1.	Опишите составные части и их функции мотора JGA25 -370B 12B.
2.	Назначение и принцип работы датчика отражения TCRT5000.
3.	Принцип работы ультразвукового дальномера HC-SR04.
4.	Назначение и принцип работы модуля KY-036.
5.	Микроконтроллер ESP32. Особенности, характеристики, применение.
6.	Соленоид. Принцип работы. Принципиальная электрическая схема подключения.
7.	Принцип работы I2C шины. Основные достоинства и недостатки по сравнению с другими шинами данных

8.	SPI шина. Основные достоинства и недостатки по сравнению с другими шинами данных.
9.	Принцип работы CAN шины. Основные схематические модули CAN трансиверов.
10.	ШИМ (PWM).
11.	Принцип работы ЦАП.
12.	Принцип работы АЦП.
13.	Электроника в составе базовой мобильной робототехнической платформы.
14.	Основы построения ПИД-регуляторов. Пример использования ПИД-регулятора в задаче следования по линии.
15.	Применение транзисторов для управления двигателями постоянного тока. Драйвер двигателя.
16.	Платформа разработки Unity. Сферы применения. Особенности. Основной интерфейс и его возможности.
17.	Основные игровые объекты и их компоненты, используемые мобильными РТС.
18.	Prefab (префаб).
19.	Класс MonoBehaviour. Основные методы.
20.	Работа с объектами и компонентами. Получение доступа.
21.	Трехмерное координатное пространство. Правая и левая системы координат.
22.	Локальные и глобальные координаты.
23.	Векторы.
24.	Перемещение объектов.
25.	Quaternion и поворот объектов.
26.	Настройки проекта (Project Settings).
27.	Тэги и слои (Tags and Layers).
28.	Физика объектов. Компонент Rigidbody.
29.	Физика объектов. Методы AddForce и AddTorque.
30.	Coroutines (корутины).

2. Вопросы (задачи) для зачета / дифференцированного зачета (таблица 17)

Таблица 17 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифференцированного зачета

	Учебным планом не предусмотрено

31. Темы и задание для выполнения курсовой работы / выполнения курсового проекта (таблица 18)

Таблица 18 – Примерный перечень тем для выполнения курсовой работы / выполнения курсового проекта

№ п/п	Примерный перечень тем для выполнения курсовой работы / выполнения курсового проекта
	Учебным планом не предусмотрено

3. Вопросы для проведения промежуточной аттестации при тестировании (таблица 19)

Таблица 19 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов
	Не предусмотренно

4. Контрольные и практические задачи / задания по дисциплине (таблица 20)

Таблица 20 – Примерный перечень контрольных и практических задач / заданий

№ п/п	Примерный перечень контрольных и практических задач / заданий
1	Моделирование элемента сборки в SolidWorks
2	Создание сборок в SolidWorks
3	Редактирование сборок в SolidWorks
4	Создание твердотельных деталей в SolidWorks
5	Редактирование твердотельных деталей в SolidWorks
6	Создание взаимосвязи между элементами эскиза в SolidWorks.
7	Оперирование элементами вспомогательной геометрии в SolidWorks
8	Расчет массы в 3D-модели SolidWorks
9	Расчет моментов инерции в 3D-модели SolidWorks
10	Расчет координат центров масс в 3D-модели SolidWorks

10.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и / или опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в Положениях «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программам высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».

11. F _ l h ^ b q _ k m d b Z a Z g e y h [m q Z x s b i c h k h y k \ h _ g b k p b i e b g u

Целью дисциплины является ознакомление студентов с теоретическими и практическими аспектами математического моделирования и исследования процессов, характерных для функционирования роботов и робототехнических систем.

F _ l h ^ b q _ k m d b Z a Z g e y h [m q Z x s b i c h k h y k \ h _ g b e x d p b h g d Z l h j b Z e Z

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

Планируемые результаты при освоении обучающимся лекционного материала:

получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;

получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;

развитие профессионально–деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.

появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;

получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;

научится методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);

получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

Структура предоставления лекционного материала:

Лекционный материал представляется преподавателем устно, а также публикуется в сервисе «Личный кабинет».

F _ l h ^ b q _ k m d b Z a Z g e y h [m q Z x s b o i k y i j h o h ` ^ _ g b i x Z d l b q _ k d b c a Z g y l b c

Практическое занятие является одной из основных форм организации учебного процесса, заключающейся в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий с целью усвоения научно-теоретических основ учебной дисциплины, приобретения умений и навыков, опыта творческой деятельности.

Целью практического занятия для обучающегося является привитие обучающемся умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Планируемые результаты при освоении обучающемся практических занятий:

закрепление, углубление, расширение и детализация знаний при решении конкретных задач;

развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;

овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;

выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;

обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Функции практических занятий:

познавательная;

развивающая;

воспитательная.

По характеру выполняемых обучающимся заданий по практическим занятиям подразделяются на:

ознакомительные, проводимые с целью закрепления и конкретизации изученного теоретического материала;

аналитические, ставящие своей целью получение новой информации на основе формализованных методов;

творческие, связанные с получением новой информации путем самостоятельно выбранных подходов к решению задач.

Формы организации практических занятий определяются в соответствии со специфическими особенностями учебной дисциплины и целями обучения. Они могут проводиться:

в интерактивной форме (решение ситуационных задач, занятия по моделированию реальных условий, деловые игры, игровое проектирование, имитационные занятия, выездные занятия в организации (предприятия), деловая учебная игра, ролевая игра, психологический тренинг, кейс, мозговой штурм, групповые дискуссии);

в не интерактивной форме (выполнение упражнений, решение типовых задач, решение ситуационных задач и другое).

Методика проведения практического занятия может быть различной, при этом важно достижение общей цели дисциплины.

L j _ [h \ Z gdbiy h \ _ ^ _ g bjxZ d l b q _ k a l Z g y l b c

Практические занятия проводятся в компьютерном классе с использованием пакета MatLab и предполагают разработку математических моделей устройств и явлений согласно индивидуальному варианту задания, составление и отладку программ, проведение вычислительных экспериментов.

По результатам каждого практического задания должен быть подготовлен отчёт, содержащий необходимые теоретические сведения, листинги m-программ, построенные в процессе выполнения работы графические зависимости и т.п. Каждый отчёт должен содержать выводы по проделанной работе и список используемых дополнительных источников.

Каждое практическое занятие завершается собеседованием с преподавателем по представленному отчёту с выставлением оценки.

F _ l h ^ b q _ kmdl b Z a Z ^ gebyn [m q Z x s bidhkiyh o h ` ^ _ g b e Z [h j Z l h j g u Z f h l

В ходе выполнения лабораторных работ обучающийся должен углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающегося. Выполнение лабораторных работ состоит из экспериментально-практической, расчетно-аналитической частей и контрольных мероприятий.

Выполнение лабораторных работ обучающимся является неотъемлемой частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом, и относится к средствам, обеспечивающим решение следующих основных задач у обучающегося:

приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;

закрепление, развитие и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;

получение новой информации по изучаемой дисциплине;

приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным оборудованием и приборами.

A Z ^ Z g b d j _ [h \ Z g b d i y j h \ _ ^ _ g b e Z [h j Z l h j g u o j Z [h l

Лабораторные работы, предусмотренные в данном курсе, выполняются в компьютерном классе на персональном компьютере с использованием пакета прикладных программ MatLab.

В процессе подготовки к лабораторной работе необходимо изучить соответствующие методические указания и повторить лекционный материал, который относится к теме работы.

Перед началом выполнения работы необходимо создать отдельную папку для создаваемых в работе файлов и установить её в системе MatLab в качестве текущей директории. Путь к данной папке не должен содержать имён, написанных кириллицей.

В процессе выполнения работы листинги разрабатываемых программ, полученные результаты расчётов, схемы Simulink – моделей и графические зависимости должны сохраняться на диске для их дальнейшего использования при оформлении отчёта.

По окончании работы необходимо составить отчёт и подготовиться к его защите на следующем занятии.

K l j m d l m b j Z h j f Z h l q _ l h Z e Z [h j Z l h j g u Z f h l _

Отчёт о лабораторной работе должен содержать:

– фамилию, имя и отчество студента, выполнившего работу;

– номер учебной группы;

– дату выполнения работы;

– название работы;

– цель работы;

– краткую формулировку задания на лабораторную работу;

– основные теоретические сведения и формулы, использовавшиеся в процессе выполнения работы;

– листинги m-программ, разработанные и отлаженные в процессе выполнения работы;

– схемы Simulink – моделей, разработанные в процессе выполнения работы;

– результаты вычислений, текстовые сообщения, графическин зависимости, полученные в процессе выполнения работы;

– описание ранее незнакомых функций и операторов MatLab, использованных в работе;

– при использовании дополнительной литературы указать ссылки и привести список литературы;

– Выводы по работе.

L j _ [h \ Z gdbly n h j f e _ g b kq _ lhZe Z [h j Z l h j g Z [chl _

Пример оформления титульного листа отчёта по лабораторной работе приведен на сайте университета ww.guap.ru.

При оформлении отчёта о лабораторной работе необходимо придерживаться требований ГОСТ 7.32-2017 «Отчёт о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления».

По каждой лабораторной работе должен быть подготовлен отчёт в бумажном и в электронном виде. После защиты лабораторных работ отчёты в бумажном виде с проставленными оценками хранятся на кафедре, а отчёты в электронной форме должны быть выложены в личном кабинете учащегося на сайте университета.

F _ l h ^ b q _ k dmbd_Z a Z g ^ he y h [m q Z x s b o ik y i j h o h `^ _ g bkxZ f h k l h y l _ e v g l
j Z [h l u

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Для обучающихся по заочной форме обучения, самостоятельная работа может включать в себя контрольную работу.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются:

учебно-методический материал по дисциплине;

F _ l h ^ b q _ k dmbd_Z a Z g ^ he y h [m q Z x s b o ik y i j h o h `^ _ g bl x d m s _] h
d h g l j h e m y k i _ \ Z _ f h k l b

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

Текущий контроль успеваемости осуществляется по усмотрению преподавателя на лекционных занятиях в виде устного опроса, тестирования.

Результаты текущего контроля сообщаются обучающимся непосредственно на занятии или в ЭОИС ГУАП (например, в Личном кабинете). Оценка выставляется либо в баллах, либо «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично». Количество баллов за выполненную работу определяется преподавателем в зависимости от объема, сложности задания и пропорционально количеству заданий.

При проставлении в ведомость итогов текущего контроля успеваемости в форме аттестации или неаттестации количество заработанных баллов или средняя оценка сообщаются обучающемуся. В зависимости от суммы баллов (средней оценки) обучающимся

может быть предложена промежуточная аттестация по дисциплине по итогам работы в семестре на основании Положения о модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы в ГУАП.

Формы текущего контроля и основные требования:

устный опрос. Данная форма может осуществляться преподавателем на каждом занятии или периодически, может иметь различную продолжительность. Цель устного опроса – проверка усвоения обучающимся основных терминов, понятий и принципов взаимодействия. Устный опрос может относиться к материалу темы, рассматриваемой на данном занятии, а также к материалам предыдущих лекций. Вопросы могут задаваться устно или в виде системы карточек, по списку каждому студенту или всем в формате «мозгового штурма». Количество максимальных баллов и продолжительность времени для ответов определяется непосредственно преподавателем. По усмотрению преподавателя устный опрос может быть заменен тестированием.

тестирование. Тестирование в качестве текущего контроля успеваемости не является обязательной формой работы и предлагается обучающимся по усмотрению преподавателя. Цель тестирования – мониторинг уровня усвоения теоретического материала, а также качества самостоятельной работы, выявление неуспевающих студентов.

Тестирование может проводиться периодически (один или два раза в месяц), а может – на каждом занятии, на усмотрение преподавателя. Текущее тестирование может быть организовано на дистанционной платформе LMS. Тестируемые темы заранее озвучиваются обучающимся или обозначаются в начале курса преподавателем.

F _ l h ^ b q _ k d m b d _ Z a Z g ^ b e y h [m q Z x s b d k y i j h o h ` ^ _ g b j k h f _ ` m l h q g h c Z l l _ k l Z p b b

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она проводится в форме экзамена.

Экзамен – форма оценки знаний, полученных обучающимся в процессе изучения всей дисциплины или ее части, навыков самостоятельной работы, способности применять их для решения практических задач. Экзамен, как правило, проводится в период экзаменационной сессии и завершается аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Система оценок при проведении промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с требованиями Положений «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программам высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой