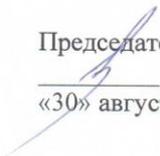


Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Клочков Юрий Сергеевич
Должность: и.о. ректора
Дата подписания: 15.04.2024 11:36:37
Уникальный программный ключ:
4e7c4ea90328ec8e65c5d8058549a2538d7400d1

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«ТОМСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ:

Председатель КСН

Е.В. Артамонов
«30» августа 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины: Моделирование мехатронных систем
направление подготовки: 15.03.06 Мехатроника и робототехника
направленность (профиль): Робототехника и гибкие производственные модули
форма обучения: очная

Рабочая программа разработана в соответствии с утвержденным учебным планом от 30 августа 2021 г. и требованиями ОПОП ВО по направлению подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника, направленность (профиль) Робототехника и гибкие производственные модули к результатам освоения дисциплины «Моделирование мехатронных систем».

Рабочая программа рассмотрена
на заседании кафедры «Станки и инструментъ»
Протокол № 1 от «30» августа 2021 г.

Заведующий кафедрой  _____ Е.В. Артамонов

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель образовательной программы  _____ И.С. Золотухин
«30» августа 2021 г.

Рабочую программу разработал:
В.В. Киреев, доцент, к.т.н., доцент  _____

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель дисциплины: - выработка у студентов навыков активного применения ЭВМ при разработке и моделировании мехатронных и робототехнических систем,

- овладение основными методами и приемами работы с программным обеспечением, создания моделей мехатронных и робототехнических систем, проведения вычислительных экспериментов и отображения результатов проектирования.

Задачи дисциплины: направлены на следующие задачи профессиональной деятельности выпускников:

- производственно-технологическая деятельность:
- расчет и проектирование отдельных блоков и устройств мехатронных и робототехнических систем, управляющих, информационно-сенсорных и исполнительных подсистем и мехатронных модулей в соответствии с техническим заданием;
- разработка математических моделей роботов, мехатронных и робототехнических систем, их отдельных подсистем и модулей, проведение их исследования с помощью математического моделирования, с применением как специальных, так и универсальных программных средств, с целью обоснования принятых теоретических и конструктивных решений.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина относится к части учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений.

При изучении дисциплины «Моделирование мехатронных систем» должны использоваться знания, полученные при изучении курсов: Теория автоматического управления, Автоматизация технических измерений; Программирование.

При изучении курса «Моделирование мехатронных систем» осваиваются программные инструменты для решения задач моделирования роботов и робототехнических систем, создания и автоматизации алгоритмов расчета параметров и характеристик элементов робототехнических систем и их схем замещения, основные методы и приемы работы с программным обеспечением, создания моделей устройств, проведения вычислительных экспериментов и отображения результатов моделирования. В результате изучения дисциплины студент приобретет навыки работы с программными инструментами при изучении, исследовании проектировании и анализе робототехнических устройств. В дальнейшем полученные знания могут быть использованы при изучении курсов связанных с разработкой, проектированием и моделированием мехатронных и робототехнических систем, изучению схемотехники и физических процессов в робототехнических устройствах и написании выпускных квалификационных работ, предполагающих владение студентом знаниями в области моделирования физических процессов в мехатронных системах, методиками расчета и анализа оборудования и элементов робототехнических систем, а также навыки использования программных инструментов при решении задач моделирования и проектирования мехатронных и робототехнических систем.

3. Результаты обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Таблица 3.1

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикаторов достижения компетенций	Код и наименование результата обучения по дисциплине
ПКС-4. Способен осуществлять разработку гибких	ПКС-4.3. Разрабатывает управляющие устройства	Знать: основные виды управляющих устройств электронных средств, используемых в мехатронных системах(31)

производственных систем	электронных средств	Уметь: разрабатывать управляющие устройства электронных средств, используемые в мехатронных системах (У1)
		Владеть: навыками работы с основными видами управляющих устройств электронных средств, используемых в мехатронных системах (В1)

4. Объем дисциплины

Общий объем дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 часов.

Таблица 4.1.

Форма обучения	Курс/ семестр	Аудиторные занятия/контактная работа, час.			Самостоятельная работа, час.	Форма промежуточной аттестации\
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия		
Очная	4/8	24	-	24	60	Экзамен

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Структура дисциплины.

Таблица 5.1.1

№ п/п	Структура дисциплины/модуля		Аудиторные занятия, час.			СРС, час.	Всего, час.	Код ИДК	Оценочные средства
	Номер раздела	Наименование раздела	Л.	Пр.	Лаб.				
1	1	Общие сведения о системах управления роботами и РТС	4	-	-	4	8	ПКС-4.3	устный опрос, отчет по лабораторной работе, тест
2	2	Прямые и обратные задачи о положении и скорости, управление по вектору скорости	5	-	6	5	16	ПКС-4.3	устный опрос, отчет по лабораторной работе, тест
3	3	Планирование движений промышленного робота в пространстве обобщенных координат	5	-	6	5	16	ПКС-4.3	устный опрос, отчет по лабораторной работе, тест
4	4	Математические модели манипуляторов промышленных роботов	5	-	6	5	16	ПКС-4.3	устный опрос, отчет по лабораторной работе, тест
5	5	Динамическое управление манипуляторами	5	-	6	5	16	ПКС-4.3	устный опрос, отчет по лабораторной работе, тест
5	Экзамен		-	-	-	36	36	ПКС-4.3	Итоговый тест
Итого:			24		24	60	108		

5.2. Содержание дисциплины.

5.2.1. Содержание разделов дисциплины (дидактические единицы).

Раздел 1. Общие сведения о системах управления роботами и РТС

1. Значение, цели и задачи курса. Классификация систем управления роботом и РТС по способу позиционирования, элементной базе, принципам формирования закона управления. Состав системы управления роботом. Уровни управления робототехнической системы и задачи, решаемые ими.

Раздел 2. Прямые и обратные задачи о положении и скорости, управление по вектору скорости

1. Кинематические модели манипуляторов роботов Кинематические уравнения общего вида. Матрица Якоби. Решение прямой и обратной задач кинематики о положении и скорости для манипулятора, работающего в цилиндрической системе координат.

2. Решение задач кинематики для трехкоординатных манипуляторов Решение прямой и обратной задач кинематики для манипулятора со сферической системой координат. Решение прямой задачи кинематики для манипулятора, работающего в угловой системе координат. Самостоятельное изучение. Алгоритм решения обратной задачи кинематики для манипулятора с угловой системой координат.

3. Управление по вектору положения и вектору скорости Кинематический алгоритм нулевого порядка. Структурная схема системы, управляемой по вектору положения. Кинематический алгоритм первого порядка. Структурная схема системы, управляемой по вектору скорости.

Раздел 3. Планирование движений промышленного робота в пространстве обобщенных координат

1. Сплайн-интерполяция задающих сигналов Определение сплайн - функции. Вид задающих сигналов нулевого и первого порядков. Сплайн-функции второго и третьего порядка. Условия непрерывности и приближения при интерполяции траектории с помощью кубических сплайнов.

2. Определение параметров кубического сплайна Выражения для определения скоростей изменения обобщенной координаты на соседних временных интервалах. Условие непрерывности скоростей. Граничные условия. Система линейных алгебраических уравнений для определения параметров кубического сплайна. Самостоятельное изучение. Алгоритм расчета параметров кубического сплайна методом прогонки.

3. Полиномиальная интерполяция задающих сигналов при движении из начальной в конечную точку Формулировка условий при перемещении объекта манипулирования с одной поверхности на другую. Закон изменения обобщенной координаты манипулятора с участками ухода, подхода и промежуточным участком. Система ограничений на траекторию движения обобщенной координаты.

4. Расчет 4-3-4 и 3-5-3 траектории Описание перемещений, скоростей и ускорений обобщенных координат манипулятора на начальном, среднем и конечном участках траектории с помощью полиномов различного порядка в нормированном времени. Уравнения для определения параметров полином.

Раздел 4. Математические модели манипуляторов промышленных роботов

1. Общие уравнения динамики механической части робота Допущения при анализе динамики манипулятора. Уравнения Лагранжа второго рода. Уравнения динамики исполнительного механизма с n степенями подвижности.

2. Уравнения движения манипулятора с декартовой системой координат Расчетная схема трехкоординатного манипулятора, работающего в декартовой системе координат. Уравнения динамики трехкоординатного манипулятора с декартовой системой координат. Векторная форма записи уравнений динамики.

3. Уравнения движения манипулятора с учетом динамики исполнительных двигателей Схема силовой части исполнительного привода. Математическое описание двигателя. Уравнения движения манипулятора с декартовой системой координат и учетом динамики исполнительного двигателя.

4. Уравнения движения манипулятора с цилиндрической системой координат Расчетная схема трехкоординатного манипулятора, работающего в цилиндрической системе координат.

Уравнения динамики трехкоординатного манипулятора с цилиндрической системой координат. Векторная форма записи уравнений динамики.

5. Уравнения движения манипулятора со сферической системой координат. Расчетная схема трехкоординатного манипулятора, работающего в сферической системе координат. Уравнения динамики трехкоординатного манипулятора со сферической системой координат. Векторная форма записи уравнений динамики. Самостоятельное изучение. Уравнения движения манипулятора с угловой системой координат.

Раздел 5. Динамическое управление манипуляторами

1. Структура системы динамического управления. Постановка задачи динамического управления. Методы управления, основанные на решении обратной задачи динамики. Схема системы управления, построенная в соответствии с методом "обратной задачи". Самостоятельное изучение. Схема системы управления, построенная в соответствии с упрощенной динамической моделью манипулятора.

2. Алгоритмы управления по ускорению. Уравнения динамики манипулятора с исполнительными приводами постоянного тока в алгебраической и матричной формах записи. Принцип управления по ускорению. Структурная схема системы, управляемой по ускорению.

3. Позиционное управление манипуляторами. Постановка задачи позиционного управления. Позиционное управление манипулятором с декартовой, цилиндрической и сферической системами координат, структурные схемы систем управления.

4. Определение параметров контуров ускорения. Уравнения движения манипулятора с цилиндрической системой координат и учетом динамики исполнительных приводов. Определение постоянных времени и коэффициентов усиления контуров ускорения.

5. Контурное управление манипулятором. Постановка задачи контурного управления с использованием принципа управления по ускорению. Структурная схема системы контурного управления, управляемой по ускорению. Определение параметров контуров ускорения.

Решение линейных и нелинейных уравнений и систем. Символьные вычисления. Численные вычисления. Целочисленные вычисления. Решение систем линейных уравнений. Решение неравенств. Матричные и векторные вычисления

5.2.2. Содержание дисциплины по видам учебных занятий.

Лекционные занятия

Таблица 5.2.1

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Тема лекции			
		ОФО	ЗФО	ОЗФО	
1	1	4	-	-	Общие сведения о системах управления роботами и РТС
2	2	5	-	-	Прямые и обратные задачи о положении и скорости, управление по вектору скорости
3	3	5	-	-	Планирование движений промышленного робота в пространстве обобщенных координат
4	4	5	-	-	Математические модели манипуляторов промышленных роботов
5	5	5	-	-	Динамическое управление манипуляторами
Итого:		24	-	-	-

Лабораторные занятия

Таблица 5.2.2

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Наименование практической работы			
		ОФО	ЗФО	ОЗФО	
1	1	4	-	-	Прямые и обратные задачи о по-ложении и скорости, управление по вектору скорости
2	2	5	-	-	Планирование движений робота в пространстве обобщенных координат
3	3	5	-	-	Динамическое управление манипуляторами
4	4	5	-	-	Планирование движения промыш-ленного робота в рабочем про-странстве
5	5	5	-	-	Алгоритмы адаптивного управле-ния манипуляторами
Итого:		24	-	-	

Практические работы

Практические работы учебным планом не предусмотрены

Самостоятельная работа студента

Таблица 5.2.3

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Тема			Вид СРС	
		ОФО	ЗФО	ОЗФО		
1	1-5	4	-	-	Общие сведения о системах управления роботами и РТС	изучение теоретического материала; подготовка к лабораторным работам
2	1-5	5	-	-	Прямые и обратные задачи о положении и скорости, управление по вектору скорости	изучение теоретического материала; подготовка к лабораторным работам
3	1-5	5	-	-	Планирование движений промышленного робота в пространстве обобщенных координат	изучение теоретического материала; подготовка к лабораторным работам
4	1-5	5	-	-	Математические модели манипуляторов промышленных роботов	изучение теоретического материала; подготовка к лабораторным работам
5	1-5	5	-	-	Динамическое управление манипуляторами	изучение теоретического материала; подготовка к лабораторным работам
6	Экзамен	36	-	-		
Итого:		60	-	-		

5.2.3. 5.2.3. Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- визуализация учебного материала в PowerPoint в диалоговом режиме (лекционные занятия);
- визуализация учебного материала на платформе Открытого образования ТИУ, MOOK (лекционные занятия, самостоятельная работа);
- работа в малых группах (практические занятия);
- метод проектов (практические занятия).

6. Тематика курсовых работ

Курсовые работы учебным планом не предусмотрены

7. Контрольные работы

Контрольные работы учебным планом не предусмотрены

8. Оценка результатов освоения дисциплины

8.1. Критерии оценивания степени полноты и качества освоения компетенций в соответствии с планируемыми результатами обучения приведены в Приложении 1.

8.2. Рейтинговая система оценивания степени полноты и качества освоения компетенций обучающихся очной формы обучения представлена в таблице 8.1.

Таблица 8.1

№ п/п	Виды мероприятий в рамках текущего контроля	Количество баллов
1 текущая аттестация		
1	Работа на лекциях	0-4
2	Выполнение и защита лабораторных работ	0-18
3	Тестирование	0-10
	ИТОГО за первую текущую аттестацию	0-32
2 текущая аттестация		
4	Работа на лекциях	0-4
5	Выполнение и защита лабораторных работ	0-18
6	Тестирование	0-10
	ИТОГО за вторую текущую аттестацию	0-32
3 текущая аттестация		
7	Работа на лекциях	0-4
8	Выполнение и защита лабораторных работ	0-12
9	Тестирование	0-20
	ИТОГО за третью текущую аттестацию	0-36
	ВСЕГО	100

9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

9.1. Перечень рекомендуемой литературы представлен в Приложении 2.

9.2. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы.

1. Электронный каталог/Электронная библиотека ТИУ – <http://webirbis.tsogu.ru/>
2. Электронно-библиотечной система «IPRbooks» – <http://www.iprbookshop.ru/>
3. Электронная нефтегазовая библиотека РГУ нефти и газа им. Губкина (Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина) – <http://elib.gubkin.ru/>
4. Электронная библиотека УГНТУ (Уфимский государственный нефтяной технический университет) – <http://bibl.rusoil.net>

5. Электронная библиотека УГТУ (Ухтинский государственный технический университет) – <http://lib.ugtu.net/books>
6. Научная электронная библиотека ELIBRARY.RU – <http://www.elibrary.ru>
7. Электронно-библиотечная система «Лань» – <https://e.lanbook.com>
8. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – www.studentlibrary.ru
9. Электронно-библиотечная система «Book.ru» – <https://www.book.ru/>
10. Электронная библиотека ЮРАЙТ – <https://urait.ru/>

9.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в т.ч. отечественного производства:

- MS Office (Microsoft Office Professional Plus);
- MS Windows.
- ZOOM

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения для проведения всех видов работы, предусмотренных учебным планом, укомплектованы необходимым оборудованием и техническими средствами обучения.

Таблица 10.

п/п	Перечень оборудования, необходимого для освоения дисциплины/модуля	Перечень технических средств обучения, необходимых для освоения дисциплины/модуля (демонстрационное оборудование)
	<p>Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций; текущего контроля и промежуточной аттестации</p> <p>Учебная мебель: столы, стулья.</p> <p>Оборудование:</p> <ul style="list-style-type: none"> - компьютер в комплекте – 2 шт., - моноблок – 10 шт., - клавиатура – 10 шт., - компьютерная мышь – 10 шт., - телевизор – 1 шт., - плоттер – 1 шт., - МФУ – 2 шт., - принтер – 1 шт. 	<p>Учебная мебель: столы, стулья, доска аудиторная.</p> <p>Оборудование:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ноутбук - компьютерная мышь - проектор - экран настенный - документ-камера <p>Комплект учебно-наглядных пособий</p>

11. Методические указания по организации СРС

11.1. Методические указания по подготовке к практическим, лабораторным занятиям.

Практические занятия организуются с использованием различных методов обучения, включая интерактивные (работа в малых группах, разбор исторических ситуаций, кейс-стади, метод проектов). В процессе подготовки к практическим занятиям обучающиеся могут прибегать к консультациям преподавателя.

11.2. Методические указания по организации самостоятельной работы.

Самостоятельная работа является одной из важнейших форм изучения любой дисциплины. Она позволяет систематизировать и углубить теоретические знания, закрепить умения и навыки, способствует развитию умений пользоваться научной и учебно-методической литературой. Познавательная деятельность в процессе самостоятельной работы требует от студента высокого уровня активности и самоорганизованности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы: аудиторная и внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа студентов представляет собой логическое продолжение аудиторных занятий. Затраты времени на выполнение этой работы

регламентируются рабочим учебным планом. Режим работы выбирает сам обучающийся в зависимости от своих способностей и конкретных условий.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

Самостоятельная работа включает в себя работу с конспектом лекций, изучение и конспектирование рекомендуемой литературы, проектирование и моделирование разных видов и компонентов профессиональной деятельности, консультации с преподавателем, научно-исследовательскую работу и др.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов может осуществляться в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине и внеаудиторную самостоятельную работу студентов по дисциплине, может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Планируемые результаты обучения для формирования компетенции и критерии их оценивания

Дисциплина: «Моделирование мехатронных систем»

Код, направление подготовки: 15.03.06 Мехатроника и робототехника

Направленность (профиль): Робототехника и гибкие производственные модули

Код компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции (ИДК)	Код и наименование результата обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения			
			1-2	3	4	5
ПКС-4. Способен осуществлять разработку гибких производственных систем	ПКС-4.3. Разрабатывает управляющие устройства электронных средств	Знать: основные виды управляющих устройств электронных средств, используемых в мехатронных системах(31)	не знает основные виды управляющих устройств электронных средств, используемых в мехатронных системах	знает основные виды управляющих устройств электронных средств, используемых в мехатронных системах, но допускает ошибки	знает основные виды управляющих устройств электронных средств, используемых в мехатронных системах	знает в полном объём основные виды управляющих устройств электронных средств, используемых в мехатронных системах
		Уметь: разрабатывать управляющие устройства электронных средств, используемые в мехатронных системах (У1)	не умеет разрабатывать управляющие устройства электронных средств, используемые в мехатронных системах	умеет частично разрабатывать управляющие устройства электронных средств, используемые в мехатронных системах	умеет разрабатывать управляющие устройства электронных средств, используемые в мехатронных системах	Умеет в полном объеме разрабатывать управляющие устройства электронных средств, используемые в мехатронных системах
		Владеть: навыками работы с основными видами управляющих устройств электронных средств, используемых в мехатронных системах (В1)	не владеет навыками работы с основными видами управляющих устройств электронных средств, используемых в мехатронных системах	частично владеет навыками работы с основными видами управляющих устройств электронных средств, используемых в мехатронных системах	владеет навыками работы с основными видами управляющих устройств электронных средств, используемых в мехатронных системах	отлично владеет навыками работы с основными видами управляющих устройств электронных средств, используемых в мехатронных системах

**КАРТА
обеспеченности дисциплины учебной и учебно-методической литературой**

Дисциплина: «Моделирование мехатронных систем»

Код, направление подготовки: 15.03.06 Мехатроника и робототехника

Направленность (профиль): Робототехника и гибкие производственные модули

№ п/п	Название учебного, учебно-методического издания, автор, издательство, вид издания, год издания	Количество экземпляров в БИК	Контингент обучающихся, использующих указанную литературу	Обеспеченность обучающихся литературой, %	Наличие электронного варианта в ЭБС (+/-)
1	Бурьков Д.В. Математическое и имитационное моделирование электротехнических и робототехнических систем : учебное пособие / Бурьков Д.В., Волощенко Ю.П. — Ростов-на-Дону, Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2020. — 159 с // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/107953.html	ЭР	30	100	+
2	Васильков Ю.В. Математическое моделирование объектов и систем автоматического управления : учебное пособие / Васильков Ю.В., Василькова Н.Н. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. — 428 с. — ISBN 978-5-9729-0386-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/98416.html	ЭР	30	100	+
3	Никитин Ю.Р. Диагностирование мехатронных систем : учебное пособие / Никитин Ю.Р., Абрамов И.В. — Саратов : Вузовское образование, 2019. — 116 с. Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/79623.html	ЭР	30	100	+
4	Суркова Л.Е. Моделирование систем автоматизации и управления технологическими процессами : практикум / Суркова Л.Е., Мокрова Н.В. — Саратов : Вузовское образование, 2019. — 46 с. // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/82692.html	ЭР	30	100	+

*ЭР – электронный ресурс для автор. пользователей доступен через Электронный каталог/Электронную библиотеку ТИУ <http://webirbis.tsogu.ru/>

Руководитель образовательной программы _____

« 30 » 08 2021 г.

И.С. Золотухин

Директор БИК _____

« 30 » 08 2021 г.

М.П.

