

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Директор строительно-политехнического
колледжа

_____ / А.В. Облиенко /
_____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Междисциплинарного курса

МДК.01.02 Программирование мехатронных систем
код по учебному плану *наименование дисциплины*

Специальность: 15.02.10 Мехатроника и мобильная робототехника (по отраслям),

Квалификация выпускника: техник-мехатроник

Нормативный срок обучения: 3г 10м

Форма обучения: очная

Автор программы к.т.н., доцент, Трубецкой В.А.

Программа обсуждена на заседании методического совета СПК

«__» _____ 20__ года Протокол № _____

Председатель методического совета СПК _____

Воронеж 2019

Программа дисциплины разработана на основе Федерального государственного образовательного стандарта (далее – ФГОС) по специальности среднего профессионального образования (далее – СПО) 15.02.10 Мехатроника и мобильная робототехника (по отраслям), утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 9 декабря 2016 г. № 1550.

Организация-разработчик: ВГТУ

Разработчик:

Трубецкой В.А., к.т.н., доцент
Ф.И.О., ученая степень, звание, должность

1 ПАСПОРТ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Моделирование мехатронных систем

1.1 Область применения программы

Программа учебной дисциплины является частью основной профессиональной образовательной программы в соответствии с ФГОС по специальности СПО *15.02.10 Мехатроника и мобильная робототехника*

наименование специальности

Программа учебной дисциплины может быть использована Рабочая программа дисциплины может быть использована в дополнительном профессиональном образовании (в программах повышения квалификации и переподготовки) по профессиям рабочих:

18494 Слесарь по контрольно-измерительным приборам и автоматике

1.2 Место учебной дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы:

Дисциплина «Моделирование мехатронных систем» относится к _____ части профессионального цикла учебного плана.

1.3. Цели и задачи междисциплинарного курса - требования к результатам освоения междисциплинарного курса

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен уметь:

- составлять кинематические и динамические модели по технической документации и в результате опытных исследований объектов;
- использовать математические модели для отработки типовых режимов физических объектов.
- составлять расчетные схемы простых мехатронных систем в соответствии с целями и задачами исследования;
- определять параметры мехатронных систем путем анализа технической документации и проведения экспериментальных исследований.

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен знать:

- основные методы составления моделей мехатронных систем;
- перечень показателей, характеризующих работу мехатронных систем и варианты математических моделей, предназначенных для исследования этих показателей;
- геометрический метод составления кинематических моделей различных вариантов манипуляционных устройств.

1.4 Рекомендуемое количество часов на освоение программы учебной дисциплины:

максимальной учебной нагрузки обучающегося 306 часов, в том числе:
обязательной аудиторной учебной нагрузки обучающегося 264 часов;
консультации 8 часа;
самостоятельной работы обучающегося 12 часа.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Результатом освоения дисциплины является овладение обучающимися знаниями и умениями, входящими в сферу общей и профессиональной компетенций:

Код	Наименование результата обучения
ПК 3.1	Составлять схемы простых мехатронных систем в соответствии с техническим заданием.
ПК 3.3	Оптимизировать работу компонентов и модулей мехатронных систем в соответствии с технической документацией.

3 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов
Общая нагрузка (всего)	306
Взаимодействие с преподавателем (всего)	264
в том числе:	
лекции	96
практические занятия	82
лабораторные работы	58
курсовое проектирование	28
Промежуточная аттестация	22
Самостоятельная работа (всего)	12
в том числе:	
работа с конспектом лекций;	6
повторная работа над учебным материалом	6
Консультации	8
Итоговая аттестация в форме экзамен	

3.2 Тематический план и содержание учебной дисциплины

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала, лабораторные работы и практические занятия, самостоятельная работа обучающихся, курсовая работа (проект)	Объем часов	Уровень освоения
МДК02.01 «Моделирование мехатронных систем»			
	5 семестр		
Тема 1. Введение. Основные понятия и определения. Виды моделей технических систем.	Содержание		2
	1 Понятие физической, аналоговой, математической и имитационной моделей. Преимущества и недостатки.	2	
	2 Виды математических моделей. Выбор варианта математических моделей, соответствующих целям и задачам исследования.	2	
	3 Перечень выходных показателей мехатронных систем. Понятие полной модели, кинематической, динамической, экономической.	2	
	4 Понятие модели «черный ящик», «состава», «структуры» и «структурной схемы».	2	
	Самостоятельная работа		
	работа с конспектом лекций	0,5	
Тема 2. Модели мехатронных систем.	Содержание		2
	5 Функциональные и структурные модели мехатронных систем. Особенности функциональной модели. Вертикальный и горизонтальный уровни моделирования. Модель «структурная схема».	2	
	6 Принципиальные схемы мехатронных устройств. Условные обозначения элементов и узлов принципиальных схем. ГОСТы.	2	
	7 Функциональная схема и схема соединений. Условные обозначения элементов. Чтение чертежей. ГОСТы.	2	
	Практическое занятие		
	1 Изучение на конкретных примерах методики составления моделей мехатронных систем.	2	
	2 «Полная» модель системы в примерах и задачах.	2	
	Самостоятельная работа		
	работа с конспектом лекций	0,5	
Тема 3. Кинематическая модель мехатронных устройств	Содержание		3
	8 Определение кинематической модели. Состав кинематической модели. Упрощения, принятые при составлении кинематических моделей.	2	
	9 Виды и типы кинематических пар, их условное обозначение на схемах. Расчетная кинематическая модель манипуляционных устройств.	2	

	Понятие транспортных (переносных) и ориентирующих степеней подвижности.	
10	Кинематические модели типовых вариантов манипуляционных устройств.	2
11	Геометрический метод составления уравнений кинематики манипуляционных устройств с учетом только переносных степеней подвижности.	2
12	Составление кинематических моделей для роботов с цилиндрической системой координат.	2
13	Составление кинематических моделей для роботов с сферической системой координат.	2
14	Составление кинематических моделей для роботов с угловой системой координат.	2
Практическое занятие		
3	Составление расчетной кинематической модели по технической документации.	2
4	Определение параметров кинематической модели и ограничения на обобщенные координаты манипуляционного устройства по техническому описанию объекта.	2
5	Изучение графических обозначений элементов мехатронных устройств для различных вариантов объектов.	2
6	Составление кинематической модели робота с угловой системой координат методов геометрических проекций.	2
7	Составление кинематической модели робота с цилиндрической системой координат методов геометрических проекций.	2
8	Составление кинематической модели робота со сферической системой координат методов геометрических проекций.	2
Лабораторные работы		
1	Составление кинематической модели манипуляционного устройства для заданного варианта робота путем экспериментальных исследований с использованием измерительных устройств.	2
2	Расчет геометрических характеристик робота с использованием расчетных кинематических моделей. Сопоставление полученных результатов с экспериментальными исследованиями.	2
3	Экспериментальное определение коэффициентов и углов сервиса для роботов с угловой системой координат.	2
4	Решение обратной задачи кинематики с использованием полученных кинематических моделей и сравнение результатов моделирования с экспериментальными исследованиями.	2
Самостоятельная работа		2
	работа с конспектом лекций	

Тема 4. Динамическая модель мехатронных устройств.	Содержание		2	3
	15	Понятие динамической модели. Перечень методов составления динамических моделей. Метод Лагранжа.		
	16	Кинетическая и потенциальная энергии звеньев манипуляционных устройств. Понятие материальной точки, тонкого однородного стержня. Методика определения полной кинетической и потенциальной энергии мехатронных систем с учетом всех возможных перемещений их элементов.		
	Лабораторные работы			
	5	Определение динамических параметров мехатронных устройств путем экспериментальных исследований.		
	6	Экспериментальное определение момента инерции механизма методом свободного выбега.		
	7	Экспериментальное определение механической постоянной времени исполнительного двигателя степени подвижности робота		
	8	Экспериментальное определение электромагнитной постоянной времени исполнительного двигателя степени подвижности робота		
	Самостоятельная работа			
		работа с конспектом лекций		
6 семестр				
Тема 5. Сущность геометрического метода проецирования. Расчетная кинематическая модель. Варианты кинематических моделей типовых компоновок манипуляционных устройств.	Содержание		2	2
	17	Математические основы метода геометрического проецирования. Функции прямоугольного треугольника. Теорема косинусов.		
	18	Расчетная кинематическая модель робота с прямоугольной и цилиндрической системой координат.		
	19	Расчетная кинематическая модель робота со сферической системой координат.		
	20	Расчетная кинематическая модель робота с угловой системой координат.		
	Практическое занятие			
	9	Получение уравнений кинематики для робота с цилиндрической системой координат. Примеры использования расчетно-кинематической модели при решении задач робототехники.		
	10	Получение уравнений кинематики для робота со сферической системой координат. Примеры использования расчетно-кинематической модели при решении задач робототехники.		
	11	Получение уравнений кинематики для робота с угловой системой координат. Примеры использования расчетно-кинематической модели при решении задач робототехники.		
	Лабораторные работы			
	9	Моделирование электромеханических преобразователей энергии.		

	10	Исследование модели электромеханических преобразователей энергии.	2			
	Самостоятельная работа		2			
		работа с конспектом лекций				
Тема 6. Использование кинематических моделей для расчета характеристик робота.	Содержание		2	2		
	21	Прямая и обратная задачи кинематики. Варианты постановки задач.				
	22	Использование кинематических моделей для расчета сервисных характеристик, формы и размеров зон обслуживания.	2			
	23	Решение обратной задачи кинематики для робота с цилиндрической системой координат. Определение обобщенных координат манипуляционного устройства по заданным ортогональным координатам рабочего органа.	2			
	24	Решение обратной задачи кинематики для робота со сферической системой координат. Определение обобщенных координат манипуляционного устройства по заданным ортогональным координатам рабочего органа	2			
	25	Решение обратной задачи кинематики для робота с угловой системой координат. Определение обобщенных координат манипуляционного устройства по заданным ортогональным координатам рабочего органа	2			
	26	Методика расчета кинематических погрешностей в роботах агрегатно-модульного типа.	2			
	Практическое занятие					
	12	Расчет законов изменения обобщенных координат манипуляционного устройства для робота с цилиндрической системой координат по заданной траектории перемещения рабочего органа.	2			
	13	Расчет законов изменения обобщенных координат манипуляционного устройства для робота со сферической системой координат по заданной траектории перемещения рабочего органа.	2			
	14	Расчет законов изменения обобщенных координат манипуляционного устройства для робота с угловой системой координат по заданной траектории перемещения рабочего органа.	2			
	Лабораторные работы					
	11	Исследование кинематики манипуляторов с цилиндрической системой координат	2			
	12	Исследование кинематики манипуляторов с угловой системой координат	2			
	Самостоятельная работа					
		работа с конспектом лекций	2			
	Тема 7. Расчетная динамическая модель манипуляционного устройства.	27	Расчет кинетических и потенциальных энергий для элементов манипуляционного устройства и полной энергии всей системы с учетом возможных перемещений звеньев манипулятора для робота с цилиндрической системой координат.		2	3

	28	Расчет кинетических и потенциальных энергий для элементов манипуляционного устройства и полной энергии всей системы с учетом возможных перемещений звеньев манипулятора для робота со сферической системой координат.	2	
	29	Расчет кинетических и потенциальных энергий для элементов манипуляционного устройства и полной энергии всей системы с учетом возможных перемещений звеньев манипулятора для робота с угловой системой координат.	2	
	Практическое занятие			
	15	Расчет суммарной кинематической ошибки робота с различными вариантами компоновки.	2	
	16	Обоснование выбора варианта компоновки манипуляционного устройства по условию обеспечения минимальной погрешности.	2	
	Лабораторные работы			
	13	Исследование динамики манипуляторов с цилиндрической системой координат.	2	
	14	Исследование динамики манипуляторов со сферической системой координат.	2	
	15	Моделирование импульсного оптического датчика положения.	2	
	16	Исследование модели импульсного оптического датчика положения.	2	
	Самостоятельная работа			
		работа с конспектом лекций	1	
	7 семестр			
	30	Понятие геометрической модели элементов мехатронных систем. Геометрическая компоновка.	2	
	31	Варианты геометрических компоновок мехатронных систем. Преимущества и недостатки.	2	
Тема 7. Функциональные и структурные модели мехатронных систем. Горизонтальный и вертикальный уровни моделирования.	32	Методика расчета геометрической компоновки РТС. Расчетные модели элементов мехатронных систем. Понятие базовой и подвижной системы координат.	2	3
	33	Понятие карты технологического процесса. Основные элементы карты технологического процесса и условные их обозначения.	2	
	34	Технико-экономическое обоснование применения промышленных роботов в составе роботизированного производства. Определение узких мест.	2	
	35	Понятие индивидуального программирования и диспетчеризации	2	
	36	Расчет циклограммы функционирования робота в составе РТС.	2	
	37	Варианты типовых воздействий при отработке режимов работы робота в составе РТС.	2	
	38	Расчет параметров программного движения при трапецеидальном законе отработки скорости.	2	

39	Расчет параметров программного движения при треугольном законе отработки скорости.	2
40	Понятие ритмичности производства. Варианты парциальной и одновременной работы степеней подвижности робота в составе РТС. Минимизация времени рабочего цикла.	2
Практическое занятие		
17	Решение задач на разработку вариантов схем геометрической компоновки роботизированного участка. Изучение условных изображений элементов РТС и нормативов, используемых при расчете компоновок.	2
18	Расчет варианта линейной компоновки элементов технологического оборудования в составе мехатронной системы.	2
19	Расчет варианта круговой компоновки элементов технологического оборудования в составе мехатронной системы.	2
20	Расчет циклограммы функционирования роботизированного технологического комплекса.	2
21	Автоматизация загрузки, транспортирования и складирования в условиях автоматизированного производства. Пример расчета.	2
22	Расчет параметров программного движения робота при отработке треугольного закона задания скорости.	2
23	Расчет параметров программного движения робота при отработке трапецеидального закона задания скорости.	2
24	Расчет нагрузочной диаграммы привода при отработке треугольного закона задания скорости.	2
25	Расчет нагрузочной диаграммы привода при отработке трапецеидального закона задания скорости.	2
Лабораторные работы		
17	Моделирование исполнительный системы робота: модель исполнительного двигателя	2
18	Моделирование исполнительный системы робота: модель манипуляционного устройства	2
19	Моделирование геометрической компоновки участка механообработки	2
20	Моделирование геометрической компоновки участка механообработки	2
21	Моделирование управляемого движения робота.	2
22	Моделирование управляемого движения робота (продолжение).	2
23	Моделирование прямой и обратной задач кинематики	2
24	Моделирование прямой и обратной задач кинематики (продолжение).	2
25	Моделирование прямой и обратной задач динамики	2
26	Моделирование прямой и обратной задач динамики (продолжение).	2
Самостоятельная работа		
	работа с конспектом лекций	1

Тема 8. Модели захватных устройств роботов. Кинематический и силовой расчет захватных устройств.	41	Варианты захватных устройств по принципу действия: механические, вакуумные и магнитные.	2	3
	42	Механические захватные устройства: уравнения для расчета удерживающего усилия при различных вариантах захватывания и удержания объекта манипулирования.	2	
	43	Расчет удерживающего усилия для вакуумных захватных устройств. Преимущества и недостатки вакуумных захватных устройств.	2	
	44	Электромагнитные захватные устройства: математические модели и физические принципы функционирования. Уравнения для расчета удерживающего усилия.	2	
	Практическое занятие			
	26	Расчет удерживающего усилия для расчетной схемы №1.	2	
	27	Расчет удерживающего усилия для расчетной схемы №2.	2	
	28	Расчет удерживающего усилия для расчетной схемы №3.	2	
	29	Расчет удерживающего усилия для вакуумных захватных устройств.	2	
	30	Расчет удерживающего усилия для электромагнитных захватных устройств.	2	
	31	Расчетная схема захватного устройства с рычажно-шарнирным передаточным механизмом.	2	
	32	Силовой расчет захватных устройств.	2	
	33	Расчет параметров взаимодействия схвата с объектом.	2	
	34	Кинематический анализ захватного устройства.	2	
	Лабораторные работы			
	27	Моделирование кинематики захватного устройства механического типа	2	
	Самостоятельная работа			
		работа с конспектом лекций	1	
Тема 9. Алгоритмы работы мехатронных устройств.	45	Схема алгоритмов мехатронных устройств. Элементы схем. Условно-графические обозначения элементов.	2	3
	46	Схема алгоритмов функционирования робота в составе РТС при работе с несколькими элементами технологического оборудования.	2	
	47	Схема алгоритма работы промышленного робота в составе роботизированного технологического комплекса.	2	
	48	Методика построения циклограмм функционирования роботизированного технологического комплекса.	2	
	Практическое занятие			
	35	Построение алгоритма расчета исполнительной системы.	2	
	36	Построение алгоритма расчета информационной системы.	2	
	34	Построение алгоритма расчета системы управления.	2	
	38	Построение алгоритма выбора кинематической модели по условиям минимальной кинематической погрешности	2	

39	Построение алгоритма выбора кинематической модели по условиям быстрогодействия	2	
40	Построение алгоритма моделирования кинематических компоновок манипуляционных устройств	2	
41	Построение алгоритма функционирования робота в составе РТК механообработки	2	
Лабораторные работы			
27	Проектирование геометрической компоновки РТК	2	
29	Проектирование геометрической компоновки РТК (продолжение)	2	
Самостоятельная работа			
	работа с конспектом лекций	1	
Самостоятельная работа при изучении дисциплины		12	
Примерная тематика внеаудиторной самостоятельной работы			
1. Имитационное моделирование.			
Примерная тематика курсовой работы Тематика курсовых проектов в общем случае должна быть направлена на моделирование элементов мехатронных систем.			
Обязательная аудиторная учебная нагрузка по курсовой работе		28	

4. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО КУРСА

4.1. Требования к минимальному материально-техническому обеспечению

Реализация междисциплинарного курса предполагает наличие учебных кабинетов:

- лаборатория робототехнических систем;
- лаборатория управления робототехнических комплексов;
- лаборатория электроники, электротехники и электропривода.

Оборудование учебного кабинета и рабочих мест кабинета

Конструирования и производства радиоаппаратуры:

стенды для исследования элементов систем управления и исполнительных систем роботов

4.2. Информационное обеспечение обучения

Перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы

Основные источники:

1. Юревич Е. И. Основы робототехники : учеб. пособие 2-е изд. - СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 416 с.
2. Проектирование исполнительных систем роботов: учеб. пособие / [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые и граф. данные (795 Кб) / В.А. Трубецкой, В.А. Медведев, С.С. Ревнёв. - Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2018.
3. Келим Ю.М. Электромеханические и магнитные элементы систем автоматики: Учеб. пособие для средн. проф. учеб. заведений / Ю.М.Келим. – 2-е изд., исправл. и доп. – М.: Высш. шк., 2004. – 352 с.

Дополнительные источники:

1. Муконин А.К. Электрический привод: учеб. пособие [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые и граф. данные (Мб) / А. К. Муконин, А. В. Романов, В. А. Трубецкой. - Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2019. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM)

5. КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО КУРСА (ВИДА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ)

Результаты (освоенные профессиональные компетенции)	Основные показатели оценки результата	Формы и методы контроля и оценки
ПК 3.1 Составлять схемы простых мехатронных систем в соответствии с техническим заданием.	– умение составлять расчетные схемы простых мехатронных систем в соответствии с целями и задачами исследования; - умение определять по технической документации вариант кинематической модели и ее параметры; - умение решать прямую и обратную задачи кинематики, используя расчетные кинематические схемы.	Наблюдение на практических занятиях Отчет по лабораторным работам Оценка на экзамене
ПК 3.3 Оптимизировать работу компонентов и модулей мехатронных систем в соответствии с технической документацией.	- умение оптимизировать работу компонентов и модулей мехатронных систем в; - знание перечня показателей, характеризующих работу мехатронных систем	Наблюдение на практических занятиях Отчет по лабораторным работам Оценка на экзамене

Разработчики:

ФГБОУ ВО «ВГТУ»

(место работы)

доцент

(занимаемая должность)

В.А.Трубецкой

(подпись)

(инициалы, фамилия)

Руководитель образовательной программы

(должность)

(подпись)

(ФИО)

Эксперт

(место работы)

(занимаемая должность)

(подпись) (инициалы, фамилия)

М П
организации