

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
 «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИШИТР

(Сонькин Д. М.)

«01» сентября 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ПРИЕМ 2020 г.**  
**ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная**

**Цифровое управление робототехническими комплексами**

Направление подготовки/ специальность	15.03.06 Мехатроника и робототехника		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Интеллектуальные робототехнические и мехатронные системы		
Специализация	Системы управления автономными роботами		
Уровень образования	высшее образование - бакалавриат		
Курс	4	семестр	7
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	6		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции		32
	Практические занятия		32
	Лабораторные занятия		32
	ВСЕГО		96
	Самостоятельная работа, ч		120
	ИТОГО, ч		216

Вид промежуточной аттестации	Экзамен	Обеспечивающее подразделение	ОАР
---------------------------------	---------	---------------------------------	-----

Заведующий кафедрой- руководитель отделения на правах кафедры Руководитель ООП Преподаватель		Филипас А. А.
		Мамонова Т.Е.
		Мамонова Т.Е.

2020 г.

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5. Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций)	
		Код	Наименование
ПК(У)-1	Способен 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(У)-1.У4	Уметь составлять и исследовать модели цифровых систем управления на персональном компьютере
ПК(У)-9	Способен участвовать в качестве исполнителя в научно-исследовательских разработках новых робототехнических и мехатронных систем	ПК(У)-9.31	Знать методику научно-исследовательских разработок в области цифрового управления робототехнических и мехатронных систем
ДПК (У)-1	Способен проводить проверку технического состояния оборудования, обоснование экономической эффективности внедрения проектируемых модулей и подсистем мехатронных и робототехнических устройств, анализ, синтез и настройку систем управления и обработки информации с использованием соответствующих инструментальных средств	ДПК (У)-1.34	Знать математический аппарат $Z$ – преобразования; методы структурного и параметрического синтеза цифровых регуляторов для робототехнических комплексов
		ДПК (У)-1.У4	Уметь получать рекуррентные соотношения из передаточных функций с целью реализации цифровых регуляторов на персональном компьютере для робототехнических комплексов
		ДПК (У)-1.В6	Владеть методами дискретно-аналогового получения рекуррентных соотношений из передаточных функций; методами синтеза цифровых регуляторов; анализа качества и устойчивости цифровых систем управления робототехническими комплексами.

## 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части Блока 1 учебного плана образовательной программы.

## 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Компетенция
Код	Наименование	
РД-1	Знать состав и особенности робототехнических комплексов, их управления для научно-технических разработок в области цифрового управления робототехнических и мехатронных систем	ПК(У)-9 ДПК (У)-1
РД-2	Уметь применять методы цифрового регулирования и управления робототехническими комплексами	ПК(У)-1 ДПК (У)-1
РД -3	Владеть методами получения рекуррентных соотношений, методов синтеза цифровых регуляторов робототехнических комплексов.	ДПК (У)-1

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

#### 4. Структура и содержание дисциплины Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности	Объем времени, ч.
Раздел (модуль) 1. Робототехнические комплексы	РД-1 РД-2 РД-3	Лекции	16
		Практические занятия	16
		Лабораторные занятия	16
		Самостоятельная работа	60
Раздел (модуль) 2. Цифровое управление робототехническими комплексами	РД-1 РД-2 РД-3	Лекции	16
		Практические занятия	16
		Лабораторные занятия	16
		Самостоятельная работа	60

Содержание разделов дисциплины:

##### Раздел 1. Робототехнические комплексы

*Робототехнические комплексы в составе ГПС. Конструкторско-технологическая классификация деталей как база гибкой автоматизации. Особенности конструкторско-технологических характеристик деталей, используемых для типовых технологических процессов. Основные направления в разработке типовых технологических процессов: основные подходы к их проектированию.*

*Автоматизированные системы удаления стружки. Транспортно-накопительные системы. Накопители и приемо-передающие устройства. Автоматизированные стеллажи и склады. Транспортная тара, паллеты. Инструментальное обеспечение ГПС. Автоматизированные системы обеспечения качества и надежности. Системы управления ГПС. Система обеспечения функционирования технологического оборудования ГПС.*

*Задачи синтеза программных траекторий. Типовые траектории перевода исполнительного органа из исходной точки в целевую. Формирование условий, обеспечивающих вычисление коэффициентов полинома, описывающего программную траекторию. Недостатки полиномиального описания. Разбиение траектории на участки. Переход к кусочно-полиномиальным моделям типа 4-3-4, 3-5-3.*

##### **Темы лекций:**

1. Понятие гибкости производства.
2. Особенности групповой обработки.
3. Особенности конструкторско-технологической классификации деталей, обрабатываемых на ГПС частично. Формирование таблицы размеров группы деталей
4. Классификации систем управления мехатронными и робототехническими системами.
5. Классификация по иерархическому признаку построения: исполнительные системы управления, системы управления тактического и стратегического уровней.
6. Функциональная схема мехатронной системы, ее основные элементы.
7. Системы программного, адаптивного и интеллектуального управления.
8. Интеллектуальные мехатронные модули.

##### **Темы практических занятий:**

1. Задание узловых точек траекторий и расчет параметров сплайнов первого участка траектории.
2. Кусочно-линейные описания траекторий.
3. Преимущества кубических полиномов. Основные задачи, возникающие при сплайн-интерполяции.
4. Назначение опорных точек.

5. Определение значений координат звеньев исполнительного механизма и положения рабочего органа в опорных точках.
6. Математические модели манипулятора.
7. Прямая задача кинематики, ее использование для целей управления.
8. Обратная задача кинематики. Ее решение методом последовательных преобразований.

#### **Названия лабораторных работ:**

1. Расчет параметров конечного и промежуточных участков программной траектории.
2. Воспроизведение программной траектории. Оценка погрешности.
3. Исследование влияние значений узлов интерполирования на формирование численных моделей.
4. Синтез регуляторов вещественным интерполяционным методом. Обеспечение робастности синтезируемых систем. Идентификация объектов управления вещественным интерполяционным методом. Построение самонастраивающихся исполнительных систем управления.
5. Получение передаточных функций по численным характеристикам.
6. Формирование уравнений синтеза регуляторов на основе моделей в виде численных характеристик.
7. Решение уравнения синтеза численным методом.
8. Итерационный способ повышения точности синтеза регуляторов.

<h3><b>Раздел 2. Цифровое управление робототехническими комплексами</b></h3>
--

*Структурная схема цифровой системы управления. Действие помех на цифровые системы управления. Оптимальная цифровая линейная система управления. Свободный и вынужденный процессы в импульсных системах. Расчет вынужденных процессов с помощью моментов весовой характеристики. Процессы конечной длительности в импульсных системах. Вынужденные процессы при степенных входных воздействиях. Установившиеся ошибки при типовых входных сигналах. Коэффициенты ошибок дискретной системы. Основные схемы коррекции цифровых систем. Общая последовательность синтеза. Пример синтеза последовательного аналогового корректирующего устройства. Пример решения задач синтеза ЦСУ с минимальным временем ПП. Общий случай синтеза системы с апериодическим переходным процессом. Реализация интегрирующих цифровых фильтров. Пример нахождения цифрового фильтра, соответствующего данному прототипу. Задача аналитического построения замкнутой системы программного движения. Синтез алгоритма управления на примере системы третьего порядка.*

#### **Темы лекций:**

1. Цифровые системы управления. Общие сведения
2. Z-передаточные функции и характеристики дискретных систем.
3. Импульсные и цифровые методы в системах автоматического управления (САУ)
4. Особенности вынужденных процессов в импульсных системах.
5. Анализ вынужденных процессов в импульсных системах.
6. Синтез цифровых автоматических систем.
7. Синтез последовательных аналоговых регуляторов
8. Синтез цифровых САУ с цифровыми регуляторами

#### **Темы практических занятий:**

9. Вычисление Z-передаточных функций.
10. Синтез цифровых САУ с цифровыми регуляторами. Некоторые вопросы реализации импульсных фильтров.
11. Синтез ЦСУ с апериодическим переходным процессом
12. Синтез алгоритма управления на основе решения обратной задачи динамики

### **Названия лабораторных работ:**

9. Реализация цифровых регуляторов в виде импульсных фильтров.
10. Реализация цифровых регуляторов на микроЭВМ.
11. Реализация аналогового прототипа с помощью цифрового фильтра.

### **5. Организация самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- Перевод текстов с иностранных языков;
- Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
- Анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям;

### **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

#### **6.1. Учебно-методическое обеспечение**

##### **Основная литература**

1. Копылов, Ю. Р. Основы компьютерных цифровых технологий машиностроения: учебник [Электронный ресурс] / Копылов Ю. Р.. — Санкт-Петербург: Лань, 2020. — 496 с.. — Книга из коллекции Лань - Информатика.. — ISBN 978-5-8114-3913-3. Схема доступа: <https://e.lanbook.com/book/125736> (контент) (дата обращения: 20.05.2020 г.)
2. Трофимов, В. Б. Интеллектуальные автоматизированные системы управления технологическими объектами : учебное пособие [Электронный ресурс] / Трофимов В. Б., Куликов С. М.. — 2-е изд., испр. — Вологда: Инфра-Инженерия, 2020. — 256 с.. — Рекомендовано УМО РАЕ по классическому университетскому и техническому образованию в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям: 09.03.02, 09.04.02 - "Информационные системы и технологии", 15.03.04, 15.04.04 - "Автоматизация технологических процессов и производств". — Книга из коллекции Инфра-Инженерия - Инженерно-технические науки.. — ISBN 978-5-9729-0488-4. Схема доступа: <https://e.lanbook.com/book/148325> (контент) (дата обращения: 20.05.2020 г.)
3. Ким, Дмитрий Петрович. Алгебраические методы синтеза систем автоматического управления / Д. П. Ким. – Москва: Физматлит, 2014. – 164 с.: ил. – Библиогр.: с. 161-164.. – ISBN 978-5-9221-1543-8. Схема доступа: <http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C291162> (контент) (дата обращения: 15.05.2020 г.)

##### **Дополнительная литература**

1. Теория автоматического управления учебник для вузов: в 2 ч.: / под ред. А. А. Воронова . – 3-е изд., стер. – Екатеринбург: АТП , 2015 Ч. 2 : Теория нелинейных и специальных систем автоматического управления . – 2015. v 504 с.: ил.. – Библиогр.: с. 491-493. – Предметный указатель: с. 494-501.. – ISBN 5-157-02198-4 Схема доступа: <http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C321854> (контент) (дата обращения: 15.05.2020 г.)
2. Ощепков, А. Ю. Системы автоматического управления: теория, применение, моделирование в MATLAB : учебное пособие [Электронный ресурс] / Ощепков А.

Ю.. — 3-е изд., стер.. — Санкт-Петербург: Лань, 2018. — 208 с.. — Книга из коллекции Лань - Информатика.. — ISBN 978-5-8114-1471-0. Схема доступа: <https://e.lanbook.com/book/104954> (контент) (дата обращения: 15.05.2020 г.)

## 6.2. Информационное и программное обеспечение

Internet-ресурсы (в т.ч. в среде LMS MOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

1. [Электронный ресурс] Электронная библиотечная система «Лань». – Режим доступа: URL. – <https://e.lanbook.com/>
2. [Электронный ресурс] Электронная библиотечная система «Консультант студента» – Режим доступа: URL. – <http://www.studentlibrary.ru/>
3. [Электронный ресурс] Электронная библиотечная система «Юрайт» – Режим доступа: URL. – <http://www.studentlibrary.ru/>
4. [Электронный ресурс] Электронная библиотечная система «Znanium» – Режим доступа: URL. – <http://znanium.com/>

Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы доступны по ссылке: <https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb>

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ**):

ownCloud Desktop Client; 7-Zip; Adobe Acrobat Reader DC; Adobe Flash Player; AkelPad; CODESYS Development System V3; Cisco Webex Meetings; Document Foundation LibreOffice; Google Chrome; MathWorks MATLAB Full Suite R2017b; Mozilla Firefox ESR; Tracker Software PDF-XChange Viewer; WinDjView; Zoom Zoom; сетевой ресурс ([var.tpu.ru](http://var.tpu.ru))

## 7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (учебная лаборатория) 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2 027	Лабораторный стенд Часторегулируемый электропривод - 1 шт.; Лабораторный стенд Электропривод - 2 шт.; Стенд лабораторный - 3 шт.; Лабораторный комплекс Автоматизированный электропривод д/уч. и н-иссл.работ - 2 шт.; Лаборат.стенд Элементы систем авт.выч.техники компьютерная версия - 1 шт.; Промышленный робот DRM-C Series - 1 шт.; Гибкий производственный модуль с компьютер.управл. на базе мини ток.ст. и учеб.робота - 1 шт.; Роботизированный сборочный комплекс с компьютерным управлением - 1 шт.; Мини-габарит токарный станок с компьют.управлен. и компьют.имитат.токарн.фрезерн.ст - 1 шт.; Настольный токарный станок с компьют.управлен. и компьют.имитат.токарн.фрезерн.ст - 1 шт.; Гибкая произв.сист. с компьютер.упр. на базе 2-х станков с компь.упр. и учеб.робота - 1 шт.; Двигатель постоянного тока ДПУ-87-180 - 2 шт.; Лабораторный стенд Частотно регулируемый электропривод типа ЭП-НК - 1 шт.; Настольный сверл.фрез.станок с компьют.управлен. и компьют.имитат.токарн.фрезерн.ст - 1 шт.; Сборочный стенд с компьют.управ. и техн.зрением - 1 шт.; Доска аудиторная настенная - 1 шт.;Комплект учебной мебели на 15 посадочных мест; Компьютер - 4 шт.
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной	Стенд № 6 "Металлюкорпуса для электрощитов" - 1 шт.; Стенд № 3 "Силовые автоматические выключатели (ЕКФ) - 1 шт.; Специализированный учебно-научный комплекс интегрированных компьютерных систем - 1 шт.; Стенд № 4

	аттестации (учебная лаборатория) 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2 106	"Коммутационная модульная аппаратура (ЕКF electronica) - 1 шт.; Стенд № 5 "Силовое оборудование и кнопки" - 1 шт.; Стенд № 2 "Клеммное обеспечение автоматизированных систем" - 1 шт.; Источник питания NES-100-12 - 1 шт.; Информационный стенд № 1 - ДКС "Алюминиевые кабельные каналы" - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 15 посадочных мест; Тумба стационарная - 2 шт.; Компьютер - 5 шт.
3.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2 220	Комплект учебной мебели на 56 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 15.03.06 Мехатроника и робототехника / Интеллектуальные робототехнические и мехатронные системы / Системы управления автономными роботами (приема 2020 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность	ФИО
Доцент ОАР	Мамонова Т.Е.

Программа одобрена на заседании выпускающего отделения автоматизации и робототехники (протокол № 4а от 01.09.2020 г.).

Заведующий кафедрой - руководитель отделения  
на правах кафедры,  
к.т.н., доцент

 /Филипас А. А./  
подпись