

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор по образовательной  
деятельности

\_\_\_\_\_ С.Т. Князев  
«\_\_» \_\_\_\_\_

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1160042	Приводы и управление для мехатронных, роботизированных и автоматизированных систем

Екатеринбург

<b>Перечень сведений о рабочей программе модуля</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Образовательная программа</b> 1. Кибер-производство 2. Гибкие производственные системы	<b>Код ОП</b> 1. 15.04.06/33.02 2. 15.04.04/33.01
<b>Направление подготовки</b> 1. Мехатроника и робототехника; 2. Автоматизация технологических процессов и производств	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 1. 15.04.06; 2. 15.04.04

Программа модуля составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Бородин Михаил Юрьевич	канд. техн. наук, доцент	доцент	Электропривод и автоматизация промустановок
2	Сусенко Олег Сергеевич	кандидат технических наук, доцент	Доцент	электронного машиностроения

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Приводы и управление для мехатронных, роботизированных и автоматизированных систем

## 1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль включает дисциплины «Приводы автоматизированных и мехатронных систем», «Управление в автоматизированных и мехатронных системах». Модуль формирует способность в рамках проектно-конструкторской и сервисно-эксплуатационной деятельности разрабатывать приводы и системы управления, создавать необходимую техническую документацию, проектировать приводы и системы управления роботизированных систем, планировать, организовывать и контролировать работы по созданию, установке и модернизации технологического оборудования и технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности, инициировать проектную деятельность, составить техническое задание на проектирование элементов гибких производственных систем в машиностроении.

## 1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Приводы автоматизированных и мехатронных систем	3
2	Управление в автоматизированных и мехатронных системах	3
ИТОГО по модулю:		6

## 1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

<b>Пререквизиты модуля</b>	1. Теоретические основы автоматического управления 2. Теоретические основы конструирования
<b>Постреквизиты и кореквизиты модуля</b>	Не предусмотрены

## 1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3

Приводы автоматизированных и мехатронных систем	ОПК-4 - Способен разрабатывать технические объекты, системы и технологические процессы в своей профессиональной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных ограничений	<p>З-1 - Объяснить основные принципы функционирования разрабатываемых технических объектов, систем, технологических процессов</p> <p>З-2 - Изложить принципы расчета экономической эффективности предложенных технических решений</p> <p>У-1 - Предложить нестандартные варианты разработки технических объектов, систем, в том числе информационных, и технологических процессов</p> <p>Д-1 - Демонстрировать креативное мышление, творческие способности</p>
	ОПК-6 - Способен планировать и организовать работы по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности с учетом энерго- и ресурсоэффективности производственного цикла и продукта	<p>З-1 - Перечислить основные технические параметры и технологические характеристики эксплуатируемого оборудования и реализуемых технологических процессов</p> <p>З-2 - Назвать имеющиеся ограничения режимов эксплуатации оборудования и регламенты технологических процессов</p> <p>У-1 - Технически грамотно формулировать задания по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов с учетом имеющихся ограничений режимов эксплуатации оборудования и регламенты технологических процессов</p> <p>У-2 - Оценивать ход эксплуатации технологического оборудования и реализации технологических процессов на основании визуального анализа и показаний контрольно-измерительной аппаратуры</p> <p>П-1 - Организовать в соответствии с разработанным утвержденным планом выполнение работ по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности</p>
	ПК-3 - Способен инициировать проектную деятельность, составить техническое задание на	З-1 - Рассказывать о назначении и видах современных приводов, о базовом математическом описании элементов

	<p>проектирование элементов гибких производственных систем в машиностроении.</p> <p><b>(Гибкие производственные системы)</b></p>	<p>приводов гибких производственных систем в машиностроении.</p> <p>У-1 - Выбирать тип и мощность двигателя для автоматизированных и мехатронных систем, строить его пусковые и тормозные характеристики и производить оценку правильности выбора электродвигателя.</p> <p>П-1 - Иметь практический опыт составления технического задания на проектирование и проектирования элементов гибких производственных систем в машиностроении</p>
	<p>ПК-3 - Способен инициировать проектную деятельность, составить техническое задание на проектирование элементов гибких производственных систем в машиностроении</p> <p><b>(Кибер-производство)</b></p>	<p>З-1 - Знать - назначение и виды современных приводов; - базовое математическое описание элементов приводов, схемы включения, основные параметры, характеристики и свойства.</p> <p>У-1 - Уметь - выбирать тип и мощность двигателя для автоматизированных и мехатронных систем; - строить пусковые и тормозные характеристики; - производить оценку правильности выбора электродвигателя по энергетическим и эксплуатационным показателям.</p> <p>П-1 - Иметь практический опыт составления технического задания на проектирование и проектирования приводов и систем управления роботизированных комплексов</p>
<p>Управление в автоматизированных и мехатронных системах</p>	<p>ОПК-2 - Способен самостоятельно ставить, формализовывать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, используя методы моделирования и математического анализа</p>	<p>З-2 - Характеризовать сферы применения и возможности пакетов прикладных программ для решения задач профессиональной деятельности</p> <p>У-2 - Использовать методы моделирования и математического анализа, в том числе с использованием пакетов прикладных программ для решения задач профессиональной деятельности</p> <p>П-1 - Решать самостоятельно сформулированные практические задачи, относящиеся к профессиональной деятельности методами моделирования и математического анализа, в том числе с использованием пакетов прикладных программ</p>

	<p>ОПК-4 - Способен разрабатывать технические объекты, системы и технологические процессы в своей профессиональной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных ограничений</p>	<p>З-3 - Привести примеры сравнения предложенных решений с мировыми аналогами</p> <p>З-4 - Описать основные подходы к оценке экологических и социальных последствий внедрения инженерных решений</p> <p>У-1 - Предложить нестандартные варианты разработки технических объектов, систем, в том числе информационных, и технологических процессов</p> <p>У-2 - Доказать научно-техническую и экономическую состоятельность и конкурентоспособность предложенных инженерных решений</p> <p>У-3 - Оценить экологические и социальные риски внедрения предложенных инженерных решений</p> <p>У-4 - Провести всесторонний анализ принятых инженерных решений для выполнения разработки технических объектов, систем, в том числе информационных, и технологических процессов</p> <p>П-1 - Выполнять в рамках поставленного задания разработки технических объектов, систем, в том числе информационных, и технологических процессов в своей профессиональной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных ограничений</p>
	<p>ПК-3 - Способен инициировать проектную деятельность, составить техническое задание на проектирование элементов гибких производственных систем в машиностроении.</p> <p><b>(Гибкие производственные системы)</b></p>	<p>З-1 - Рассказывать о назначении и видах современных приводов, о базовом математическом описании элементов приводов гибких производственных систем в машиностроении.</p> <p>У-1 - Выбирать тип и мощность двигателя для автоматизированных и мехатронных систем, строить его пусковые и тормозные характеристики и производить оценку правильности выбора электродвигателя.</p> <p>П-1 - Иметь практический опыт составления технического задания на проектирование и проектирования элементов гибких</p>

		производственных систем в машиностроении
	<p>ПК-3 - Способен инициировать проектную деятельность, составить техническое задание на проектирование элементов гибких производственных систем в машиностроении</p> <p><b>(Кибер-производство)</b></p>	<p>З-1 - Знать - назначение и виды современных приводов; - базовое математическое описание элементов приводов, схемы включения, основные параметры, характеристики и свойства.</p> <p>У-1 - Уметь - выбирать тип и мощность двигателя для автоматизированных и мехатронных систем; - строить пусковые и тормозные характеристики; - производить оценку правильности выбора электродвигателя по энергетическим и эксплуатационным показателям.</p> <p>П-1 - Иметь практический опыт составления технического задания на проектирование и проектирования приводов и систем управления роботизированных комплексов</p>

### 1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Приводы автоматизированных и**  
**мехатронных систем**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Бородин Михаил Юрьевич	канд. техн. наук, доцент	доцент	Электропривод и автоматизация промустановок
2	Сусенко Олег Сергеевич	кандидат технических наук, доцент	Доцент	Кафедра электронного машиностроения

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Новых материалов и технологий**

Протокол № 20220331-01 от 31.03.2022 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- С применением электронного обучения на основе электронных учебных курсов, размещенных на LMS-платформах УрФУ
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Основы теории электропривода	Уравнение движения элементов кинематики робота. Электромеханические свойства двигателей постоянного и переменного тока. Механические и скоростные характеристики двигателей постоянного и переменного ток, способы пуска и торможения двигателей. Способы регулирования скорости электродвигателей. Регулирование скорости двигателей постоянного тока изменением сопротивления цепи якоря, тока возбуждения, питающего напряжения. Регулирование скорости асинхронных двигателей изменение числа полюсов, частоты питающего тока, напряжения статора, сопротивления цепи ротора, каскадные методы регулирования. Вопросы динамики электроприводов. Уравнение движения электропривода. Методы приведения моментов нагрузки и моментов инерции к валу двигателя. Расчет нагрузочных диаграмм. Влияние динамических режимов на работу электропривода. Выбор приводного двигателя. Предварительный выбор. Проверка двигателя по перегрузке. Проверка двигателя по нагреванию в различных режимах работы.
P2	Управление электроприводами	Общие принципы. Функции систем управления. Основные структурные схемы электроприводов. Управление основными режимами работы электродвигателей. Типовые схемы управления электродвигателями постоянного тока, асинхронными двигателями, синхронным двигателем. Принципы построения замкнутых систем электропривода. Принципы построения систем подчиненного регулирования.

		Электропривод постоянного тока на базе DC-DC конвертора. Замкнутые системы управления асинхронным двигателем. Системы цифрового управления электроприводами. Системы частотного управления электропривода переменного тока. Векторные системы управления.
<b>Р3</b>	Пневмопривод	Сравнительная характеристика приводов промышленных роботов. Принцип действия пневматического привода. Достоинства и недостатки пневмопривода. Элементы пневмопривода. Типовая схема и элементы управления. Демпфирование пневмопривода. Позиционирование пневмопривода. Пневматический следящий привод. Двигатели в пневматических приводах. Силовые пневмоцилиндры с возвратно-поступательным движением штока, поворотные пневмомоторы, ротационные пневмомоторы. Пневмоцилиндр одностороннего действия, пневмоцилиндр двустороннего действия, многопозиционные пневмоцилиндры.
<b>Р4</b>	Гидропривод	Принцип действия гидравлического привода. Схема гидропривода, элементы и параметры. Объемные гидродвигатели с возвратно-поступательным движением выходного звена. Гидроцилиндры одностороннего действия, гидроцилиндры двустороннего действия. Моментные гидроцилиндры и гидромоторы. Достоинства и недостатки гидропривода.

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Приводы автоматизированных и мехатронных систем

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Бирюков, В. В.; Тяговый электрический привод : учебное пособие.; Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск; 2018; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=574634> (Электронное издание)
2. Гроховский, Д. В.; Основы гидравлики и гидропривод : учебное пособие.; Политехника, Санкт-Петербург; 2020; <http://www.iprbookshop.ru/94835.html> (Электронное издание)
3. Гаврюшина, О. С.; Использование свободно программируемых контроллеров в управлении пневматическим приводом циклического действия: методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Пневматический привод и средства автоматизации» : методическое пособие.; МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва; 2011; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=257493> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. Москаленко, В. В.; Электрический привод : учебник для студентов вузов, обучающихся по

направлению подготовки "Электроэнергетика и электротехника".; ИНФРА-М, Москва; 2015 (20 экз.)

2. Белов, М. П., Новиков, В. А., Рассудов, Л. Н.; Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов : Учебник для студентов вузов, обучающихся специальности "Электропривод и автоматика пром. установок и технол. комплексов".; Академия, Москва; 2004 (54 экз.)

3. Терехов, В. М.; Элементы автоматизированного электропривода : Учебник для вузов по специальности "Электропривод и автоматизация пром. установок".; Энергоатомиздат, Москва; 1987 (23 экз.)

4. Епифанов, А. П.; Основы электропривода : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 110302 - "Электрификация и автоматизация сельского хоз-ва".; Лань, Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар; 2008 (1 экз.)

### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

<http://lib.urfu.ru> – Зональная научная библиотека УрФУ

<http://elibrary.ru> – Научная электронная библиотека Elibrary.ru

<http://standartgost.ru/> – Открытая база ГОСТов

<http://www.gpntb.ru> - Государственная публичная научно-техническая библиотека

<http://www.rsl.ru> - Российская государственная библиотека

### **Материалы для лиц с ОВЗ**

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

<https://elearn.urfu.ru/course/view.php?id=6213> - Курс в СДО MOODLE "Приводы автоматизированных и мехатронных систем (для магистров)"

[http://www.edu.ru/db/portal/sites/res\\_page.htm](http://www.edu.ru/db/portal/sites/res_page.htm) – Федеральные образовательные ресурсы

[http://window.edu.ru/catalog/?p\\_rubr=2.1](http://window.edu.ru/catalog/?p_rubr=2.1) - Единое окно доступа к образовательным ресурсам

## **3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Приводы автоматизированных и мехатронных систем**

**Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением**

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
-------	--------------	---	---

1	Лекции	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	<p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p> <p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p>
2	Практические занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p> <p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Система трехмерного твердотельного моделирования Компас-3D V8. Включает Компас-График V 8</p> <p>Mathcad 14</p>
3	Лабораторные занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с</p>	<p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p> <p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Система трехмерного твердотельного моделирования Компас-3D V8. Включает Компас-График V 8</p> <p>Mathcad 14</p> <p>Matlab R2015a + Simulink</p> <p>Siemens NX и Teamcenter</p>

		санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет	
4	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Периферийное устройство Персональные компьютеры по количеству обучающихся Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Система трехмерного твердотельного моделирования Компас-3D V8. Включает Компас-График V 8 Mathcad 14 Matlab R2015a + Simulink Siemens NX и Teamcenter
5	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Персональные компьютеры по количеству обучающихся Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
6	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Персональные компьютеры по количеству обучающихся Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

		процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет	
--	--	--	--

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Управление в автоматизированных и**  
**мехатронных системах**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Сусенко Олег Сергеевич	кандидат технических наук, доцент	Доцент	Кафедра электронного машиностроения

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Новых материалов и технологий**

Протокол № 20220331-01 от 31.03.2022 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- С применением электронного обучения на основе электронных учебных курсов, размещенных на LMS-платформах УрФУ
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Введение в теорию автоматического управления	Задачи теории автоматического управления. Понятия управления. Виды управления (неавтоматическое, автоматизированное, автоматическое). Понятие системы автоматического управления (САУ). Элементы САУ: объект управления, исполнительные устройства, усилительно-преобразовательные устройства, автоматическое управляющее устройство, датчики, задающие устройства. Понятия управляющего, возмущающего и задающего воздействий. Понятие сигнала и виды сигналов. Понятие прямой и обратной связи. Принципы автоматического управления: принцип управления по отклонению, принцип управления по возмущению. Классификация САУ по характеру изменения задающего воздействия: системы стабилизации, системы программного управления, следящие системы. Классификация САУ по способу передачи и преобразования сигналов: непрерывные и дискретные системы. Способы квантования сигналов: по уровню, по времени. Виды дискретных систем: импульсные, релейные, цифровые. Классификация САУ по числу управляемых величин: одномерные и многомерные системы. Стационарные и нестационарные системы. Детерминированные и стохастические системы. Понятие об адаптивных системах.

<p style="text-align: center;"><b>P2</b></p>	<p style="text-align: center;">Математическое описание и характеристики линейных систем</p>	<p>Классификация САУ по способу математического описания: линейные и нелинейные системы. Принцип суперпозиции в линейных системах. Виды нелинейностей в системах. Понятие о технической и математической линеаризации. Линеаризация «в малом» по методу разложения в ряд Тейлора.</p> <p>Преобразование Лапласа и его основные свойства. Таблица преобразования Лапласа для основных функций. Понятие звена системы. Общий вид дифференциального уравнения линейного звена. Переход от математического описания во временной области в область изображений по Лапласу.</p> <p>Определение и смысл передаточной функции звена. Формы записи передаточной функции: полиномиальная форма, запись через нули и полюсы. Идеальные и реальные звенья. Понятие статической характеристики и статического коэффициента передачи звена. Определение статической характеристики по передаточной функции. Элементы структурной схемы линейной системы (звено, сумматор, узел). Правила замены нескольких звеньев одним эквивалентным звеном в случаях: последовательного соединения, параллельного соединения, встречно-параллельного соединения звеньев. Правила эквивалентной перестановки элементов структурной схемы звеньев, сумматоров; перенос узла через звено; перенос сумматора через звено, перенос узла через сумматор.</p> <p>Преобразование структурной схемы замкнутой САУ к эквивалентной схеме с единичной обратной связью.</p> <p>Определение передаточных функций системы при нескольких внешних воздействиях с помощью принципа суперпозиции. Понятие временной характеристики звена. Типовые воздействия (единичное ступенчатое, единичное импульсное).</p> <p>Переходная и весовая функции. Определение временной характеристики с помощью преобразования Лапласа. Связь переходной и весовой функций с передаточной функцией. Связь между переходной и весовой функциями. Особенности реакции линейного звена на гармоническое воздействие.</p> <p>Понятие амплитудной и фазовой частотных характеристик (АЧХ и ФЧХ). Частотная передаточная функция. Амплитудно-фазовая частотная характеристика (АФЧХ). Связь АФЧХ с АЧХ и ФЧХ. Логарифмическая АЧХ (ЛАЧХ). Смысл логарифмической единицы «децибел». Применение логарифмической шкалы частоты при построении частотных характеристик. Асимптотические ЛАЧХ; правила их построения. Изучаемые типовые звенья: пропорциональное, интегрирующее, дифференцирующее, апериодическое 1-го и 2-го порядков, форсирующее 1-го порядка, реальное дифференцирующее, форсирующее с замедлением, апериодическое с ускорением, звено чистого запаздывания, колебательное звено, консервативное звено. Изучаемые характеристики: дифференциальное уравнение, передаточная функция, переходная функция, весовая функция, амплитуднофазовая частотная характеристика, амплитудная частотная характеристика, фазовая частотная характеристика, логарифмические частотные характеристики, а также рассматриваются примеры реальных объектов, обладающих свойствами данного звена.</p>
--	---	---

<p>РЗ</p>	<p>Анализ линейных непрерывных систем</p>	<p>Общий смысл понятия устойчивости и его приложение к системам автоматического управления. Понятие процесса в системе; вынужденная и свободная составляющие процесса; затухание свободной составляющей в устойчивой системе. Установившийся и переходный режим в системе. Дифференциальное уравнение свободной составляющей; характеристическое уравнение системы. Влияние вида корней характеристического уравнения системы на характер свободной составляющей. Формулировка условия устойчивости линейной системы по виду корней ее характеристического уравнения. Случай нахождения системы на границе устойчивости (апериодическая и колебательная граница устойчивости). Правило составления главного определителя Гурвица и определителей Гурвица низших порядков. Критерий устойчивости Гурвица. Частные случаи применения критерия Гурвица к системам 1-го, 2-го и 3-го порядков, необходимые и достаточные условия устойчивости таких систем. Случаи нахождения системы на границе устойчивости. Постановка задачи (определение устойчивости замкнутой системы по АФЧХ разомкнутой системы). Общая формулировка критерия Найквиста; правило переходов. Частный случай формулировки критерия Найквиста при устойчивой разомкнутой системе. Правило определения устойчивости замкнутой системы по ЛАЧХ и ЛФЧХ разомкнутой системы. Запасы устойчивости по амплитуде и по фазе. Понятие о структурной и параметрической неустойчивости системы. Условие устойчивости импульсной системы. Понятия установившегося режима САУ и установившейся ошибки. Требования к установившимся ошибкам САУ в типовых режимах. Передаточная функция САУ относительно ошибки. Общая формула вычисления установившейся ошибки. Коэффициенты ошибок. Частные случаи вычисления установившихся ошибок в типовых режимах САУ: статический режим, режим изменения управляемой величины с постоянной скоростью, режим изменения управляемой величины с постоянным ускорением. Порядок астатизма САУ, способы определения порядка астатизма. Расчёт установившейся ошибки при одновременном действии задающего и возмущающего воздействий. Условие астатизма системы по возмущению. Типовой вид переходных функций САУ. Показатели качества, определяемые по переходной функции САУ: время первого согласования, время достижения максимума, время переходного процесса, максимальное перерегулирование, декремент затухания колебаний. Максимальное значение АЧХ, его связь с колебательностью процессов; резонансная частота системы. Полоса пропускания и частота среза системы, их связь с быстродействием и временем переходного процесса системы. Влияние полосы пропускания на помехозащищенность САУ. Оценка качества переходных процессов САУ по величине запасов устойчивости. Влияние расположения полюсов системы на вид переходных процессов САУ. Показатели качества, определяемые по полюсам системы. Оценка времени переходного процесса и колебательности по корневым показателям.</p>
-----------	---	---

<p><b>P4</b></p>	<p>Синтез линейных непрерывных систем</p>	<p>Назначение корректирующих устройств (регуляторов), возможные схемы их включения в систему. Классификация корректирующих устройств (последовательные, параллельные). Типовые регуляторы: П-, И-, Д-, ПИ-, ПД-, ИД-, ПИД- регуляторы. Постановка задачи синтеза корректирующих устройств. Выбор желаемой передаточной функции из условия желаемого расположения корней характеристического уравнения. Типовые способы распределения корней характеристического уравнения: биномиальное распределение, распределение по Баттерворту. Вид переходных функций системы и показатели качества при типовом распределении корней. Выбор среднегеометрического корня характеристического уравнения. Структура и принципы построения многоконтурной системы подчинённого регулирования. Методика синтеза регуляторов. Компенсация установившихся ошибок (статической, скоростной) от задающего и возмущающего воздействий по принципу компенсации. Компенсация внутренних обратных связей объекта управления. Компенсация влияния звена чистого запаздывания в замкнутой системе.</p>
<p><b>P5</b></p>	<p>Технологии составления программ для управления робототехническими системами</p>	<p>Возможности, целостность и самостоятельность современных компьютерных систем, зависимость программ от аппаратной платформы и среды (системы) программирования. Особенности и направления технологий современного программирования: применение объектно-ориентированного программирования (ООП), визуальное и событийно-управляемое программирование, быстрая разработка приложений (RAD - Rapid Applications Development), программирование с использованием функций API Windows (Applications Programming Interface - интерфейс прикладного программирования), базы данных и многопользовательские приложения. Языки программирования 3-го поколения (процедурные) и их объектно-ориентированные расширения; объектно ориентированные языки 4-го поколения (4GL) в разработке современных приложений. Интерфейс пользователя: понятие, состав, назначение (функции). Специализированные языки программирования роботов.</p>
<p><b>P6</b></p>	<p>Инструментальные средства разработки программ</p>	<p>Состав системы программирования: язык программирования и среда программирования (оболочка). Транслятор (компилятор и интерпретатор), компоновщик, загрузчик. библиотеки подпрограмм, текстовые и графически редакторы (отладчик), файлы описания, обучающие системы. Понятие программного модуля. Формы представления программных модулей: исходный модуль, объектный и загрузочный (исполняемый) модули. Упрощенная схема преобразования программных модулей, редактор связей. Упрощенная схема работы компилятора. Синтаксический и лексический анализаторы, таблицы компилятора, понятие о внутреннем коде компилятора</p>
<p><b>P7</b></p>	<p>Основы алгоритмизации для промышленных роботов</p>	<p>Понятие структуры управления. Алгоритмические структуры. Базовые управляющие конструкции алгоритмов (структуры). Унифицированные классические управляющие конструкции (структуры), их реализация встроенными процедурами и структурными операторами языков программирования.</p>

		<p>Понятие программного блока. Алгоритмические блоки, блоки-функции, блоки-процедуры. Вложенность программных блоков. Локальные и глобальные параметры (объекты программ и алгоритмов). Правила блочности (видимости программных объектов). Механизмы (способы) передачи параметров. Типы универсальных алгоритмических моделей: рекурсивные функции; машина Тьюринга; тип алгоритмических моделей, основанный на преобразовании слов в произвольных алфавитах с помощью элементарных операций и подстановок. Примитивно рекурсивные функции как теоретическое понятие алгоритма. Финишный прием. Форма определения примитивно рекурсивной функции. Суперпозиция (подстановка функции в функцию). Схема модели, интерпретирующей операцию рекурсии. Сложность алгоритмов. Оценка степеней сложности алгоритмов в зависимости от числа членов (элементов) или параметров.</p>
--	--	--

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Управление в автоматизированных и мехатронных системах

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Цветкова, О. Л.; Теория автоматического управления : учебник.; Директ-Медиа, Москва, Берлин; 2016; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=443415> (Электронное издание)
2. Федосенков, Б. А.; Теория автоматического управления: классические и современные разделы : учебное пособие.; Кемеровский государственный университет, Кемерово; 2018; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=495195> (Электронное издание)
3. Подчукаев, В. А.; Теория автоматического управления (аналитические методы). Учебник для вузов : учебник.; Физматлит, Москва; 2005; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=76606> (Электронное издание)
4. Гриценко, Ю. Б.; Системы реального времени : учебное пособие.; ТУСУР, Томск; 2017; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=481015> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. Медведев, М. Ю., Пшихопов, В. Х.; Программирование промышленных контроллеров : учеб. пособие для студентов-магистров техники и технологии, обучающихся по направлению "Электротехника, электромеханика и электротехнологии".; Лань, Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар; 2011 (26 экз.)
2. Петраков, Ю. В., Драчев, О. И.; Теория автоматического управления технологическими системами : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. 220100 - Систем. анализ и упр..; Машиностроение, Москва; 2008 (4 экз.)
3. , Каляев, И. А., Лохин, В. М., Макаров, И. М., Юревич, Е. И.; Интеллектуальные роботы : учеб.

пособие для студентов, обучающихся по направлению подгот. 220400.65 - "Мехатроника и робототехника".; Машиностроение, Москва; 2007 (10 экз.)

4. Шишов, О. В.; Технические средства автоматизации и управления : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по техническим направлениям.; ИНФРА-М, Москва; 2014 (1 экз.)

### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

<http://lib.urfu.ru> – Зональная научная библиотека УрФУ

<http://elibrary.ru> – Научная электронная библиотека Elibrary.ru

<http://standartgost.ru/> – Открытая база ГОСТов

<http://www.gpntb.ru> - Государственная публичная научно-техническая библиотека

<http://www.rsl.ru> - Российская государственная библиотека

### **Материалы для лиц с ОВЗ**

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

<https://elearn.urfu.ru/enrol/index.php?id=4531> - Курс в СДО MOODLE "Управление в автоматизированных и мехатронных системах"

[http://www.edu.ru/db/portal/sites/res\\_page.htm](http://www.edu.ru/db/portal/sites/res_page.htm) – Федеральные образовательные ресурсы

[http://window.edu.ru/catalog/p\\_rubr=2.1](http://window.edu.ru/catalog/p_rubr=2.1) - Единое окно доступа к образовательным ресурсам

## **3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Управление в автоматизированных и мехатронных системах**

#### **Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением**

Таблица 3.1

<b>№ п/п</b>	<b>Виды занятий</b>	<b>Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень лицензионного программного обеспечения</b>
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Student EES

		Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами	
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Рабочее место преподавателя  Доска аудиторная  Периферийное устройство  Персональные компьютеры по количеству обучающихся  Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами  Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM  Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Student EES  Mathcad 14  Matlab R2015a + Simulink
3	Лабораторные занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Рабочее место преподавателя  Доска аудиторная  Периферийное устройство  Персональные компьютеры по количеству обучающихся  Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами  Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM  Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Student EES  Mathcad 14  Matlab R2015a + Simulink  Siemens NX и Teamcenter  SCAD Office (SCAD-FULL-PLUS- MAX)
4	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM  Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Student EES

		<p>Периферийное устройство</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Mathcad 14</p> <p>Matlab R2015a + Simulink</p> <p>Siemens NX и Teamcenter</p> <p>SCAD Office (SCAD-FULL-PLUS-MAX)</p> <p>ScanEx Image Processor 3.0</p>
5	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p> <p>Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Student EES</p>
6	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p> <p>Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Student EES</p>