

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»

**СОГЛАСОВАНО**

Декан ФИТ

А.С. Авдеев

## **Рабочая программа дисциплины**

Код и наименование дисциплины: **Б1.В.20 «Управление сложными техническими системами и объектами»**

Код и наименование направления подготовки (специальности): **12.03.01**

**Приборостроение**

Направленность (профиль, специализация): **Искусственный интеллект в приборостроении**

Статус дисциплины: **часть, формируемая участниками образовательных отношений**

Форма обучения: **очная**

<b>Статус</b>	<b>Должность</b>	<b>И.О. Фамилия</b>
Разработал	доцент	Д.Е. Кривобоков
Согласовал	Зав. кафедрой «ИТ»	А.Г. Зрюмова
	руководитель направленности (профиля) программы	А.Г. Зрюмова

г. Барнаул

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Содержание компетенции	Индикатор	Содержание индикатора
ПК-9	Способен рассчитывать, проектировать и конструировать типовые узлы, детали, схемы интеллектуальных систем и приборов, основанные на различных физических принципах действия, в том числе с использованием стандартных средств компьютерного проектирования	ПК-9.2	Проектирует типовые узлы, детали, схем интеллектуальных систем и приборов, основанные на различных физических принципах действия
		ПК-9.3	Конструирует типовые узлы, детали, схем интеллектуальных систем и приборов, основанные на различных физических принципах действия
ПК-11	Способен рассчитывать и проектировать робототехнические системы и комплексы, в том числе с использованием стандартных средств компьютерного проектирования	ПК-11.1	Рассчитывает робототехнические системы и комплексы, в том числе с использованием стандартных средств компьютерного проектирования
ПК-12	Способен разрабатывать программы и их блоки, проводить их отладку и настройку для построения интеллектуальных систем и приборов	ПК-12.2	Проводит отладку и настройку программ и программного обеспечения для построения интеллектуальных систем и приборов

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплины (практики), предшествующие изучению дисциплины, результаты освоения которых необходимы для освоения данной дисциплины.	Автоматизация проектирования приборов и систем, Математика в интеллектуальных системах и приборах, Мехатроника для приборостроения
Дисциплины (практики), для которых результаты освоения данной дисциплины будут необходимы, как входные знания, умения и владения для их изучения.	Биомеханические датчики и сенсорные системы, Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы, Человеко-машинные интерфейсы

## 3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося

Общий объем дисциплины в з.е. /час: 6 / 216

Форма обучения	Виды занятий, их трудоемкость (час.)				Объем контактной работы обучающегося с преподавателем (час)
	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа	
очная	40	56	0	120	114

**4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

**Форма обучения: очная**

**Семестр: 7**

Объем дисциплины в семестре з.е. /час: 3 / 108

Форма промежуточной аттестации: Зачет

Виды занятий, их трудоемкость (час.)				Объем контактной работы обучающегося с преподавателем (час)
Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа	
16	32	0	60	57

**Лекционные занятия (16ч.)**

- 1. Введение. Основные понятия. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[3]** Понятия сложных объектов управления, примеры. Обзор применяемых способов моделирования, используемого математического аппарата и программного обеспечения. Основные возможности программы SimInTech.
- 2. Основные инструменты SiminTech {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[3,4]** Интерфейс пользователя. Типовые элементы для создания модели САУ, графики, инструменты частотного анализа, анализа устойчивости, определения запаса устойчивости. Знакомство с программированием в SiminTech
- 3. Моделирование САУ в программе SiminTech {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[3,4,5]** Разбор моделей сложных систем управления, разбор программ моделирования.
- 4. Примеры моделирования сложных систем управления в SiminTech {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[3,4,5]** Примеры моделирования и анализа сложную систему управления. Разбор конкретных примеров систем, разработка их моделей и анализ. Применение программирования в SiminTech для разработки моделей сложных систем управления.
- 5. Управление манипулятором. Виды и типы манипуляторов. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[7,9]** Виды манипуляторов, конструкция и исполнительные устройства. Кинематика движения манипуляторов. Причины возникновения ошибок и неустойчивости в движении.
- 6. Управление манипулятором. Моделирование движения. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[3,6,8]** Разработка модели манипулятора с

учетом кинематики его движения и физических свойств.

**7. Управление транспортными средствами. Моделирование.** {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[3,7,9] Видя транспортных средств, исполнительные механизмы, движители. Динамика транспортных средств, Моделирование транспортных средств, особенности

**8. Виды беспилотных летательных аппаратов. Устройство.** {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[4,9] Типы и виды беспилотных летательных аппаратов. Устройство, исполнительные системы, датчики. Особенности динамики летательных объектов. Применяемые типы регуляторов.

### **Лабораторные работы (32ч.)**

**1. Ознакомление с работой в программе SimInTech {работа в малых группах} (4ч.)[1,2,3]** Цель: получить навык работы с основными элементами программы моделирования систем управления SimInTech.

Задачи:

- изучить основные элементы и инструменты разработки модели в программе SimInTech: виды и настройки типовых блоков, средства построения графиков, инструменты исследования устойчивости САУ;
- выполнить тестовые задания по моделированию типовых САУ (апериодического, колебательного звеньев);
- создать модель ПИД-регулятора предложенного объекта управления;
- выполнить настройку коэффициентов ПИД-регулятора "вручную"
- выполнить настройку коэффициентов ПИД-регулятора, используя различные методы;

**2. Организация системы управления печью при помощи ПЛК 154 и внешних модулей ОВЕН МВУ и ОВЕН МВА. Интерфейс RS-485. Ethernet {работа в малых группах} (8ч.)[2,10]** Цель работы: приобретение навыков разработки систем программного управления на основе ПЛК 154 ОВЕН.

Задачи:

- познакомится с реализацией интерфейсов передачи данных в информационных системах;
- получить навык разработки системы управления реальными объектами на базе ПЛК 154;
- получить навык реализации программного управления реальными объектами.

**3. Разработка системы управления с ПИД-регулированием {работа в малых группах} (8ч.)[2,4]** Цель: получить навык применения ПИД-регулятора в системах управления.

Задачи:

- согласно выбранного варианта, построить схему управления на основе ПИД-регулирования;
- используя стандартные методики, рассчитать значения коэффициентов ПИД регулятора для уменьшения ошибки регулирования относительно задающего

воздействия (сигнала).

**4. Разработка интеллектуальной системы настройки ПИД-регулятора {работа в малых группах} (8ч.)[2,4]** Цель: получить навык разработки адаптивных интеллектуальных систем управления на основе ПИД-регулятора.

Задачи:

- согласно выбранного варианта, построить схему управления на основе ПИД-регулирования, настраиваемого с помощью нейросети;
- используя функции программы MathCad, построить обучающую выборку для нейросети;
- в программе MathCad, обучить нейросеть и выполнить настройку ПИД-регулятора системы с помощью нейросети;
- проверить результат в программе SimInTech.

**5. Разработка САУ трехмерным перемещением манипулятора {работа в малых группах} (4ч.)[2]** Цель: освоить методику расчета кинематики движения манипулятора и реализации системы управления.

Задачи:

- для полученного варианта манипулятора составить кинематику движения;
- выполнить математическое описание движения манипулятора в трехмерном пространстве;
- выполнить моделирование в программе SimInTech\$
- Представить результат графически.

**Самостоятельная работа (60ч.)**

**1. Подготовка в лекциям {использование общественных ресурсов} (15ч.)[3,4,5,6,7,8,9,11]**

**2. Подготовка к защите результатов лабораторных работ {использование общественных ресурсов} (28ч.)[1,2,3,4,10]**

**3. Подготовка к зачету {использование общественных ресурсов} (17ч.)[3,4,5,6,7,8,9,10,11]**

**Семестр: 8**

Объем дисциплины в семестре з.е. /час: 3 / 108

Форма промежуточной аттестации: Зачет

Виды занятий, их трудоемкость (час.)				Объем контактной работы обучающегося с преподавателем (час)
Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа	
24	24	0	60	57

**Лекционные занятия (24ч.)**

**1. Элементы САУ транспортных средств {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[4,11]** Основные узлы и элементы САУ сложными объектами, использующихся в качестве исполнительных устройств, датчиков, формирователей/преобразователей сигналов, вычислительных и интерфейсных.

Электрические и временные характеристики, обеспечение требуемых для них условий эксплуатации.

**2. Структуры САУ транспортных средств {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[4,10]** Примеры структурных схем САУ транспортных средств. Информационные и энергетические связи в структурных схемах САУ транспортных средств, согласование элементов, настройка. Структурные схемы систем адаптивных САУ.

**3. Интеллектуальные САУ транспортных средств. Структура. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[4,5,6]** Структурные схемы интеллектуальных САУ транспортных средств. Варианты применения нейросетей для организации управления: непосредственно формирование передаточной функции, формирование и адаптация функции управления. Особенности построения алгоритмов адаптации.

**4. Интеллектуальные САУ. Моделирование {лекция с разбором конкретных ситуаций} (4ч.)[3,5,8]** Разработка математической модели САУ с интеллектуальной системой управления для различных вариантов построения. Применение функций-заменителей нейросети для проверки корректности модели. Методы анализа ошибки управления и устойчивости.

**5. Моделирование САУ манипулятора {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[3,5,6]** Разработка модели САУ манипулятором с адаптивными функциями управления. Моделирование кинематики, описание базовых функций управления. Правила формирования обучающих выборок для целей адаптации функций управления САУ манипулятором.

**6. Моделирование САУ наземными транспортными средствами {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[3,5,7,9]** Разработка модели САУ наземных транспортных средств с адаптивными функциями управления. Моделирование динамики, описание базовых функций управления. Правила формирования обучающих выборок для целей адаптации функций управления САУ наземных транспортных средств.

**7. Моделирование САУ летательными беспилотными аппаратами {лекция с разбором конкретных ситуаций} (4ч.)[3,6,7,9]** Разработка модели САУ беспилотных летательных средств с адаптивными функциями управления. Моделирование динамики с учетом физических свойств воздушной среды, описание базовых функций управления. Правила формирования обучающих выборок для целей адаптации функций управления САУ беспилотных летательных средств.

**8. Самоорганизующиеся САУ сложными системами и объектами {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[3,4,10]** Устройство и структура самоорганизующихся интеллектуальных и адаптивных САУ сложными объектами. Способы организации, аппаратная реализация, алгоритмы организации управления, особенности математического моделирования и анализа качества управления и устойчивости.

**9. Моделирование самоорганизующихся САУ {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[3,8]** Разработка и моделирование

самоорганизующихся САУ сложными объектами. Применение функций-имитаторов взаимодействий между самоорганизующимися элементами для оценки ошибки управления и устойчивости. Критерии корректной работы самоорганизующихся САУ.

**10. Перспективы развития САУ сложными объектами {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[5,6,8,9]** Анализ возможного структурного усложнения самоорганизующихся. Варианты организации самообучающихся САУ, электронная база, структура программной реализации. Примеры самообучающихся САУ.

### **Лабораторные работы (24ч.)**

**1. Разработка САУ простейшими движениями манипулятора {работа в малых группах} (6ч.)[1,2,6]** Цель: получить навык работы с элементами управления манипулятора.

Задачи:

- познакомиться с конструкцией, исполнительными элементами, источниками информации, способами организации связи с ПК и программным обеспечением для работы с манипулятором;
- с учетом полученного задания простейших движений манипулятора, разработать алгоритм управления и реализовать практически;

**2. Разработка САУ пространственно-сложными движениями манипулятора {работа в малых группах} (6ч.)[2,12]** Цель: получить навык в разработке САУ пространственно-сложных технических объектов.

Задачи:

- с учетом полученного задания, разработать математическую модель пространственного движения манипулятора;
- разработать алгоритм управления манипулятором;
- реализовать программное управление пространственно-сложными движениями манипулятора.

**3. Разработка САУ пространственным положением беспилотного летательного аппарата {работа в малых группах} (4ч.)[2,10]** Цель: получить навык работы с элементами беспилотного летательного аппарата (БПЛА).

Задачи:

- изучить конструкцию стенда беспилотного летательного аппарата, управление исполнительные элементы, датчики, способы коммуникации с ПК;
- изучить режимы работы исполнительных элементов с учетом требуемого положения БПЛА;
- разработать алгоритм и программное обеспечение управления исполнительными устройствами с учетом полученного задания;
- реализовать управление.

**4. Разработка системы стабилизации беспилотного летательного аппарата (на учебном стенде) {работа в малых группах} (8ч.)[2,4,12]** Цель: получить навык реализации системы управления и стабилизации БПЛА в пространстве.

Задачи:

- с учетом полученного задания разработать модель управления исполнительными элементами БПЛА с учетом информации с датчиков положения, физических свойств БПЛА и воздуха;
- разработать алгоритм управления БПЛА (на стенде) с учетом задания;
- разработать и реализовать программное управление.

### **Самостоятельная работа (60ч.)**

- 1. Подготовка к лекциям {использование общественных ресурсов} (10ч.)[3,4,5,6,7,8,9,10,11,12]**
- 2. Подготовка к защите результатов лабораторных работ {использование общественных ресурсов} (14ч.)[1,2,3,4,5,9,12]**
- 3. Выполнение курсовой работы {использование общественных ресурсов} (29ч.)[3,4,5,12]**
- 4. Подготовка к зачету {использование общественных ресурсов} (7ч.)[4,5,6,7,8,9,10,11]**

### **5. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

Для каждого обучающегося обеспечен индивидуальный неограниченный доступ к электронно-библиотечным системам: Лань, Университетская библиотека он-лайн, электронной библиотеке АлтГТУ и к электронной информационно-образовательной среде:

1. Кривобоков, Д. Е. Методические указания для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Основы автоматического управления» / Д. Е. Кривобоков, Р. А. Смирнов. - Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2020. - 30 с. - URL: [http://elib.altstu.ru/eum/download/it/Krivobokov\\_OAU\\_lr\\_mu.pdf](http://elib.altstu.ru/eum/download/it/Krivobokov_OAU_lr_mu.pdf)

2. Кривобоков Д.Е. Методические указания для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Управление сложными техническими системами и объектами. Ч.1» для студентов направления 12.03.01 Приборостроение, (квалификация "Бакалавр") / Д.Е. Кривобоков – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2023. – 36 с. -

Прямая ссылка: [http://elib.altstu.ru/eum/download/it/Krivobokov\\_USTSO1\\_mu.pdf](http://elib.altstu.ru/eum/download/it/Krivobokov_USTSO1_mu.pdf)

### **6. Перечень учебной литературы**

#### **6.1. Основная литература**

3. Гайдук, А. Р. Применение программного пакета SimInTech для изучения теории автоматического управления : учебное пособие : [16+] / А. Р. Гайдук, Т. А. Пьявченко ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Южный федеральный университет, 2021. – 133 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=691095> (дата



обращения: 21.04.2023). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9275-3862-1. – Текст : электронный.

4. Нос, О. В. Теория автоматического управления : теория управления особыми линейными и нелинейными непрерывными системами : учебное пособие : [16+] / О. В. Нос ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2019. – 166 с. : ил., табл., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576432> (дата обращения: 21.04.2023). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-7782-3889-3. – Текст : электронный.

5. Бурьков, Д. В. Математическое и имитационное моделирование электротехнических и робототехнических систем : учебное пособие : [16+] / Д. В. Бурьков, Ю. П. Волощенко ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Южный федеральный университет, 2020. – 159 с. : ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=612169> (дата обращения: 21.04.2023). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9275-3625-2. – Текст : электронный.

6. Иванов, В. К. Управление движением мехатронных систем : учебное пособие : [16+] / В. К. Иванов ; Поволжский государственный технологический университет. – Йошкар-Ола : Поволжский государственный технологический университет, 2020. – 118 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=612080> (дата обращения: 21.04.2023). – Библиогр.: с. 112-113. – ISBN 978-5-8158-2187-3. – Текст : электронный.

7. Лебедев, С. К. Кинематика и динамика электромехатронных систем : учебное пособие : [16+] / С. К. Лебедев, А. Р. Колганов. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 352 с. : ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=617221> (дата обращения: 21.04.2023). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9729-0689-5. – Текст : электронный.

8. Жежера, Н. И. Проектирование цифровых систем автоматического управления на основе теории z-преобразований : учебное пособие : [16+] / Н. И. Жежера. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 244 с. : ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=617238> (дата обращения: 21.04.2023). – Библиогр.: с. 235-237. – ISBN 978-5-9729-0549-2. – Текст : электронный.

## 6.2. Дополнительная литература

9. Жмудь, В. А. Динамика мехатронных систем : учебное пособие : [16+] / В. А. Жмудь, Г. А. Французова, А. С. Востриков. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2021. – 241 с. : ил., схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=599923> (дата обращения: 21.04.2023). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-4499-1732-4. – DOI 10.23681/599923. – Текст : электронный.

10. Подчукаев, В. А. Теория автоматического управления (аналитические методы) : учебник для вузов / В. А. Подчукаев. – Москва : Физматлит, 2005. – 198 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=76606> (дата обращения: 21.04.2023). – ISBN 978-5-9221-0445-6. – Текст : электронный.

11. Бабёр, А. И. Системы автоматического управления электроприводами : учебное пособие / А. И. Бабёр. – Минск : РИПО, 2020. – 148 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=697049> (дата обращения: 21.04.2023). – Библиогр.: с. 143. – ISBN 978-985-7234-86-8. – Текст : электронный.

## **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

12. "Моделирование передаточных функций" <https://math.semestr.ru/tau/tau.php>

## **8. Фонд оценочных материалов для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации**

Содержание промежуточной аттестации раскрывается в комплекте контролирующих материалов, предназначенных для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям ФГОС, которые хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном виде и в ЭИОС.

Фонд оценочных материалов (ФОМ) по дисциплине представлен в приложении А.

## **9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Для успешного освоения дисциплины используются ресурсы электронной информационно-образовательной среды, образовательные интернет-порталы, глобальная компьютерная сеть Интернет. В процессе изучения дисциплины происходит интерактивное взаимодействие обучающегося с преподавателем через личный кабинет студента.

<b>№пп</b>	<b>Используемое программное обеспечение</b>
1	LibreOffice
2	Windows
3	Антивирус Kaspersky

<b>№пп</b>	<b>Используемые профессиональные базы данных и информационные справочные системы</b>
1	Бесплатная электронная библиотека онлайн "Единое окно к образовательным ресурсам" для студентов и преподавателей; каталог ссылок на образовательные интернет-ресурсы ( <a href="http://Window.edu.ru">http://Window.edu.ru</a> )
2	Национальная электронная библиотека (НЭБ) — свободный доступ читателей к

№пп	Используемые профессиональные базы данных и информационные справочные системы
	фондам российских библиотек. Содержит коллекции оцифрованных документов (как открытого доступа, так и ограниченных авторским правом), а также каталог изданий, хранящихся в библиотеках России. ( <a href="http://нэб.рф/">http://нэб.рф/</a> )

## 10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
учебные аудитории для проведения учебных занятий
помещения для самостоятельной работы

Материально-техническое обеспечение и организация образовательного процесса по дисциплине для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с «Положением об обучении инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья».