

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**  
**(РУТ (МИИТ))**



Рабочая программа дисциплины (модуля),  
как компонент образовательной программы  
высшего образования - программы бакалавриата  
по направлению подготовки  
15.03.06 Мехатроника и робототехника,  
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)  
Тимониным В.С.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Теория автоматического управления**

Направление подготовки: 15.03.06 Мехатроника и робототехника

Направленность (профиль): Автоматизация и роботизация  
технологических процессов

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины (модуля) в виде  
электронного документа выгружена из единой  
корпоративной информационной системы управления  
университетом и соответствует оригиналу

Простая электронная подпись, выданная РУТ (МИИТ)  
ID подписи: 6216  
Подписал: заведующий кафедрой Неклюдов Алексей  
Николаевич  
Дата: 01.06.2022

## 1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целями освоения дисциплины (модуля) являются:

- формирование широкого круга знаний основных принципов и закономерностей САУ как одной из важнейших интернаучных дисциплин, позволяющей описать и изучить основные особенности функционирования САУ;

- обучение общим принципам и конкретным методам построения и исследования систем управления и регулирования.

Задачами дисциплины (модуля) являются:

- исследование статических и динамических свойств САУ;
- синтез систем САУ;
- формирование у обучающегося компетенций в данной области, необходимых при работе с САУ.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

Перечень формируемых результатов освоения образовательной программы (компетенций) в результате обучения по дисциплине (модулю):

**ОПК-11** - Способен разрабатывать и применять алгоритмы и современные цифровые программные методы расчетов и проектирования отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием, разрабатывать цифровые алгоритмы и программы управления робототехнических систем;

**ПК-2** - Способен производить комплексную настройку мехатронных и робототехнических систем, используя программное обеспечение контроллеров и управляющих ЭВМ, их систем управления .

Обучение по дисциплине (модулю) предполагает, что по его результатам обучающийся будет:

### **Владеть:**

- методами получения основных временных и частотных характеристик САУ;

- приемами преобразования структурных схем САУ;

- навыками исследования статических и динамических свойств САУ.

### **Знать:**

- типовые звенья САУ и их характеристики;

- программы и алгоритмы управления.

**Уметь:**

- правильно выбирать класс системы управления и разрабатывать ее общую конфигурацию;
- составлять математическое описание САУ;
- осуществлять анализ устойчивости и качества САУ.

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 6 з.е. (216 академических часа(ов)).

3.2. Объем дисциплины (модуля) в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении учебных занятий:

Тип учебных занятий	Количество часов		
	Всего	Семестр	
		№5	№6
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	122	80	42
В том числе:			
Занятия лекционного типа	46	32	14
Занятия семинарского типа	76	48	28

3.3. Объем дисциплины (модуля) в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации составляет 94 академических часа (ов).

3.4. При обучении по индивидуальному учебному плану, в том числе при ускоренном обучении, объем дисциплины (модуля) может быть реализован полностью в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации.

## 4. Содержание дисциплины (модуля).

### 4.1. Занятия лекционного типа.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
1	Основные понятия и общие принципы построения автоматических систем. Рассматриваемые вопросы: - понятие САУ, объект управления и т.д.; - основные задачи автоматического управления; - понятие о замкнутых автоматических системах; - принципы построения САУ.
2	Принципы управления. Рассматриваемые вопросы: - принцип разомкнутого управления; - принцип компенсации; - принцип обратной связи.
3	Динамические характеристики систем. Рассматриваемые вопросы: - режимы работы САУ; - типовые внешние воздействия (ступенчатое, импульсное и т.д.) - временные и частотные характеристики; - амплитудно-фазовая частотная характеристика.
4	Динамические звенья и их характеристики. Рассматриваемые вопросы: - пропорциональное звено и его характеристики; - интегрирующее звено и его характеристики; - дифференцирующее звено и его характеристики - колебательное звено и его характеристики; - форсирующее звено и его характеристики.
5	Составление исходных дифференциальных уравнений САУ. Рассматриваемые вопросы: - передаточные функции САУ; - использование структурных схем; - уравнения следящей системы.
6	Критерии устойчивости. Алгебраические критерии. Рассматриваемые вопросы: - общие понятия об устойчивости; - критерий Рауса; - критерий Гурвица.
7	Устойчивость линейных систем. Графические критерии. Рассматриваемые вопросы: - построение областей устойчивости D-разбиение; - критерий Михайлова; - критерий Найквиста; - определение устойчивости по логарифмическим частотным характеристикам; - устойчивость систем с запаздыванием.
8	Построение кривой переходного процесса в САУ. Рассматриваемые вопросы: - непосредственное решение исходного дифференциального уравнения; - сведения неоднородного уравнения к однородному;

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- использование преобразований Фурье, Лапласа; Карсона-Хевисайда.
9	<p>Понятие качества регулирования.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- быстродействие системы;</li> <li>- оценка переходного процесса при ступенчатом воздействии;</li> <li>- оценка переходного процесса при периодических возмущениях.</li> </ul>
10	<p>Оценка качества управления.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- точность в типовых режимах;</li> <li>- коэффициенты ошибок.</li> </ul>
11	<p>Оценка качества переходных процессов по частотным характеристикам. Корневые методы качества.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- определение запаса устойчивости и быстродействия по переходной характеристике;</li> <li>- корневые методы оценки качества;</li> <li>- интегральные оценки;</li> <li>- частотные критерии качества.</li> </ul>
12	<p>Чувствительность САУ.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- функции чувствительности временных характеристик;</li> <li>- функции чувствительности критериев качества.</li> </ul>
13	<p>Повышение точности САУ.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- повышение порядка астатизма;</li> <li>- применение изодромных устройств;</li> <li>- теория инвариантности;</li> <li>- комбинированное управление;</li> <li>- неединичные обратные связи.</li> </ul>
14	<p>Улучшение качества процесса управления.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- корректирующие средства;</li> <li>- последовательные корректирующие средства;</li> <li>- параллельные корректирующие средства;</li> <li>- обратные связи.</li> </ul>
15	<p>Методы повышения запаса устойчивости.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- демпфирование с подавлением высоких частот;</li> <li>- демпфирование с поднятием высоких частот;</li> <li>- демпфирование с подавлением средних частот;</li> <li>- демпфирование с введением отрицательных фазовых сдвигов.</li> </ul>
16	<p>Случайные процессы в САУ.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- случайные процессы;</li> <li>- стационарные случайные процессы;</li> <li>- корреляционная функция;</li> <li>- спектральная плотность стационарных процессов.</li> </ul>

#### 4.2. Занятия семинарского типа.

## Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	Системы пропорционального регулирования с задержкой 1-го порядка. В результате выполнения лабораторной работы рассматриваются системы пропорционального регулирования с задержкой 1-го порядка; строятся кривые отклика на ступенчатое воздействие, определяются значения соответствующих параметров по осциллограммам.
2	Системы пропорционального регулирования с задержкой 3-го порядка. В результате выполнения лабораторной работы рассматриваются системы пропорционального регулирования с задержкой 3-го порядка, строятся кривые отклика на ступенчатое воздействие, определяются значения соответствующих параметров по осциллограммам.
3	Системы регулирования интегрирующего типа. В результате выполнения лабораторной работы рассматривается схема регулирования интегрирующего типа; строятся кривые отклика на ступенчатое воздействие, определяются значения соответствующих параметров по осциллограммам.
4	П-регулятор. ПИ-регулятор. В результате выполнения лабораторной работы рассматриваются схемы П-регулятор. ПИ-регулятор, строятся кривые отклика на ступенчатое воздействие, определяются значения соответствующих параметров по осциллограммам.
5	ПД-регулятор. ПИД-регулятор. В результате выполнения лабораторной работы рассматриваются схемы ПД-регулятор. ПИД-регулятор, строятся кривые отклика на ступенчатое воздействие, определяются значения соответствующих параметров по осциллограммам.
6	Двухпозиционный регулятор. В результате выполнения лабораторной работы изучается влияние ширины зоны нечувствительности и дополнительной задающей переменной на переключательное действие двухпозиционного регулятора.
7	Система с объектом типа П-ТЗ, управляемым ПИД-регулятором. В результате выполнения лабораторной работы рассматривается система с объектом типа П-ТЗ, управляемым ПИД-регулятором, строятся кривые отклика на единичный скачок задающей переменной, определяются значения соответствующих параметров по осциллограммам.
8	Система с объектом типа П-Т1, управляемым двухпозиционным регулятором. В результате выполнения лабораторной работы изучается влияние задающей переменной на быстродействие системы с объектом типа П-Т1, управляемым двухпозиционным регулятором, а также влияние ширины зоны нечувствительности на быстродействие системы с объектом типа П-Т1, управляемым двухпозиционным регулятором.
9	Система с объектом типа П-ТЗ, управляемым П- и ПД-регулятором. В результате выполнения лабораторной работы изучается быстродействие системы при различных коэффициентах передачи и времени интегрирующего действия при использовании П- и ПДрегулятора для управления объектом типа П-ТЗ.
10	Система с объектом типа П-ТЗ, управляемым двухпозиционным регулятором. В результате выполнения лабораторной работы изучается влияние задающей переменной и ширины зоны нечувствительности двухпозиционного регулятора на быстродействие системы с объектом типа П-ТЗ.
11	Система с объектом типа П-ТЗ, управляемым двухпозиционным регулятором с обратной связью. В результате выполнения лабораторной работы рассматривается система с объектом типа П-ТЗ, управляемым двухпозиционным регулятором с обратной связью, строятся графики изменения регулируемой переменной $U_x$ .
12	Система с объектом И-типа без дополнительной задержки и с дополнительной

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
	задержкой, управляемым П-регулятором. В результате выполнения лабораторной работы рассматривается обзор связей в системе с объектом И-типа без задержки, управляемым П-регулятором, управление объектом И-типа без задержки и с задержкой при различных коэффициентах передачи П-регулятора.
13	Моделирование цепи позиционирования в станках с ЧПУ. В результате выполнения лабораторной работы рассматривается поведение объекта И-типа с задержкой, управляемого П-регулятором.
14	Оптимизация регулятора на основе отклика на ступенчатое воздействие по Чену, Хроунсу и Ресвику. В результате выполнения лабораторной работы рассматривается метод оптимизации регулятора по Чену, Хроунсу и Ресивку, который основан на изменении коэффициента передачи системы регулирования по отклику на ступенчатое воздействие.
15	Оптимизация регулятора на основе его критических настроек по Зиглеру и Николсу. В результате выполнения лабораторной работы рассматриваются эксперименты, связанные с исследованием временных и частотных характеристик регулирующей цепи.

### Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	Системы пропорционального регулирования с задержкой 1-го порядка. В результате выполнения практического задания рассматриваются системы пропорционального регулирования с задержкой 1-го порядка.
2	Системы пропорционального регулирования с задержкой 3-го порядка. В результате выполнения практического задания определяются взаимосвязь между величинами времени компенсации и времени задержки, время компенсации больше времени задержки.
3	Системы регулирования интегрирующего типа. В результате выполнения практического задания определяют, как изменяется выходная переменная интегрирующего элемента в зависимости от входной переменной, каким образом влияет величина входной переменной на выходную переменную.
4	П-регулятор. В результате выполнения практического задания определяют, как П-регулятор реагирует на изменение входного сигнала, каким образом изменяется напряжение на выходе П-регулятора.
5	ПИ-регулятор. В результате выполнения практического задания определяют, как реагирует ПИ-регулятор на скачок напряжения на входе, изображают кривую выходного напряжения П-регулятора с определенным значением $K_P = 2$ и кривую выходного напряжения ПИ-регулятора.
6	ПД-регулятор. В результате выполнения практического задания определяют, как реагирует ПД-регулятор на очень медленное изменение сигнала рассогласования на входе, как изменяется выходное напряжение ПД-регулятора, если сигнал рассогласования на его входе становится равным нулю.
7	ПИД-регулятор. В результате выполнения практического задания определяют отклик ПИД-регулятора на единичный скачок напряжения на входе и сравните с откликом ПИ-регулятора на аналогичное воздействие, какова длительность временного интервала, в течение которого имеет место перегрузка регулятора.
8	Двухпозиционный регулятор. В результате выполнения практического задания определяют влияние ширины зоны нечувствительности и дополнительной задающей переменной на переключательное действие двухпозиционного регулятора.
9	Система с объектом типа П-Т1, управляемым П- и ПИ-регулятором.

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	В результате выполнения практического задания определяют, какое влияние оказывает интегрирующая составляющая регулятора на значение установившейся ошибки, каким образом при использовании П-регулятора сказывается влияние коэффициента передачи на установившуюся ошибку.
10	Система с объектом типа П-Т1, управляемым двухпозиционным регулятором. В результате выполнения практического задания определяют, как изменяется регулируемая переменная при малых и больших значениях задающей переменной, какое влияние задающая переменная оказывает на длительность включенного и выключенного состояний регулятора, как изменяется амплитуда колебаний регулируемой переменной, если ширина зоны нечувствительности регулятора увеличивается, как при этом изменяется частота переключения регулятора.
11	Система с объектом типа П-Т3, управляемым П- и ПД-регулятором. В результате выполнения практического задания определяют, какой эффект на выходе системы дает дифференцирующая составляющая при низком значении коэффициента усиления, какой эффект дает дифференцирующая составляющая при высоком значении коэффициента усиления.
12	Система с объектом типа П-Т3, управляемым ПИД-регулятором. В результате выполнения практического задания определяют максимальный эффект оптимизации пропорциональной составляющей регулятора, максимальный эффект оптимизации времени дифференцирующего действия.
13	В результате выполнения практического задания определяют максимальный эффект оптимизации пропорциональной составляющей регулятора; максимальный эффект оптимизации времени дифференцирующего действия. В результате выполнения практического задания определяют влияние задающей переменной и ширины зоны нечувствительности двухпозиционного регулятора на быстродействие системы с объектом типа П-Т3, влияние задающей переменной и ширины зоны нечувствительности двухпозиционного регулятора на быстродействие системы с объектом типа П-Т3.
14	Система с объектом типа П-Т3, управляемым двухпозиционным регулятором с обратной связью. В результате выполнения практического задания определяют какое влияние на форму кривой автоколебаний оказывает дополнительное напряжение на входе задающей переменной, как ширина зоны нечувствительности двухпозиционного регулятора повлияет на форму кривой автоколебаний.
15	Система с объектом И-типа без дополнительной задержки и с дополнительной задержкой, управляемым П-регулятором. В результате выполнения практического задания определяют, как влияет на качество управления увеличение коэффициента передачи, при каком значении коэффициента передачи регулируемая переменная достигает установившегося значения без возникновения автоколебаний.

#### 4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Двухпозиционный регулятор.
2	Критерии устойчивости систем автоматического управления.
3	Критерии качества систем автоматического управления.
4	Оптимизация регулятора на основе отклика на ступенчатое воздействие по Чену, Хроунсу и Ресвику.
5	Оптимизация регулятора на основе его критических настроек по Зиглеру и Николсу.
6	Регулирование температуры с помощью П- и ПИ-регулятора.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
7	Регулирование освещенности с помощью П-, ПИ- и ПИД-регулятора.
8	Диаграмма Боде, годограф и устойчивость системы П-ТЗ.
9	Сбор и сглаживание действительных значений.
10	Позиционирование при наличии возмущающих факторов.
11	подготовка к практическим занятиям.
12	Выполнение расчетно-графической работы.
13	Подготовка к промежуточной аттестации.
14	Подготовка к текущему контролю.

#### 4.4. Примерный перечень тем расчетно-графических работ

1. Составление и преобразование структурной схемы. Предварительное исследование САУ.

2. Нахождение передаточной функции разомкнутой системы.

3. Построение асимптотической ЛАЧХ, ЛФЧХ, АФХ разомкнутой системы.

4. Определение устойчивости САУ по критерию Гурвица.

5. Определение устойчивости САУ по критерию Найквиста.

6. Определение устойчивости САУ по критерию Михайлова.

7. Определение запаса устойчивости и быстродействия САУ по переходной характеристике.

8. Определение запаса устойчивости САУ по амплитуде.

9. Определение запаса устойчивости САУ по фазе.

10. Повышение точности САУ.

5. Перечень изданий, которые рекомендуется использовать при освоении дисциплины (модуля).

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Управление наземными транспортно-технологическими средствами. В.В. Шаповалов, А.Ч. Эркенов, А.Л. Озябкин, П.В. Харламов, С.А. Вялов, Д.В. Глазунов. Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорт, 2018 – 263 с.	URL: <a href="https://umczdt.ru/books/40/18736/">https://umczdt.ru/books/40/18736/</a> – Режим доступа для авториз. пользователей
2	Теория автоматического управления: учебное пособие для вузов. Изд-во Лань, 2020 – 220 с.	URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/145842-">https://e.lanbook.com/book/145842-</a>

		Режим доступа для авториз. пользователей
3	Теория автоматического управления: учебное пособие. Крутолапов В. Е., Окунев А. П., Черепанов Л. А. Гольяттинский государственный университет, 2010 – 120 с.	URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/139763">https://e.lanbook.com/book/139763</a> - Режим доступа для авториз. пользователей
4	Теория систем автоматического управления: курс лекций. Дурандин М.Г., Кузьминых И.А., Мишин Я.А. Уральский государственный университет путей сообщения, 2017 – 122 с.	URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/121393">https://e.lanbook.com/book/121393</a> - Режим доступа для авториз. пользователей

6. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, которые могут использоваться при освоении дисциплины (модуля).

Официальный сайт РУТ (МИИТ) (<https://www.miit.ru/>)

Научно-техническая библиотека РУТ (МИИТ) (<http://library.miit.ru>)

Образовательная платформа «Юрайт» (<https://urait.ru/>)

Общие информационные, справочные и поисковые «Консультант Плюс» (<http://www.consultant.ru/>)

«Гарант» (<http://www.garant.ru/>)

Главная книга (<https://glavkniga.ru/>)

Электронно-библиотечная система издательства (<http://e.lanbook.com/>)

Электронно-библиотечная система [ibooks.ru](http://ibooks.ru) (<http://ibooks.ru/>)

7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины (модуля).

Microsoft Office (Word, Excel); MatLab Simulink; Codesys.

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

1. Рабочее место преподавателя с персональным компьютером, подключённым к сетям INTERNET.

2. Программное обеспечение для создания текстовых и графических документов, презентаций.

3. Специализированная лекционная аудитория с мультимедиа аппаратурой.

4. Для проведения тестирования: компьютерный класс.

5. Специализированная аудитория для выполнения лабораторных работ,

оснащенная испытательными стендами, оборудованная рабочими столами, электрическими розетками, компьютером, проектором и экраном, и доступом в интернет. Компьютерные обучающие программы (выполнение лабораторных работ).

6. Специализированная аудитория для выполнения лабораторных работ, оснащенная испытательными стендами, оборудованная рабочими столами, электрическими розетками, компьютером, проектором и экраном, и доступом в интернет.

7. Для проведения тестирования: компьютерный класс.

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 5 семестре.

Экзамен в 6 семестре.

10. Оценочные материалы.

Оценочные материалы, применяемые при проведении промежуточной аттестации, разрабатываются в соответствии с локальным нормативным актом РУТ (МИИТ).

## Авторы

Доцент, доцент, к.н. кафедры  
«Наземные транспортно-  
технологические средства»

Чалова Маргарита  
Юрьевна

Доцент, к.н. кафедры «Наземные  
транспортно-технологические  
средства»

Григорьев Павел  
Александрович

## Лист согласования

Заведующий кафедрой НТТС

А.Н. Неклюдов

Председатель учебно-методической  
комиссии

С.В. Володин