

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 магистратуры
по направлению подготовки
15.04.06 Мехатроника и робототехника,
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)
Тимониным В.С.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**Системы автоматического регулирования и управления наземных
транспортно-технологических комплексов**

Направление подготовки: 15.04.06 Мехатроника и робототехника

Направленность (профиль): Роботы и робототехнические системы

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:

- усвоение студентами основ теории автоматического управления;
- овладение методологией управления;
- овладение общими принципами построения математических моделей объектов, методами анализа и синтеза систем автоматического управления (САУ) и регулирования (САР).

Задачами дисциплины (модуля) являются:

- приобрести знания по общим принципам и тенденциям развития современных систем управления технологическими и производственными процессами;
- освоение основ построения и методов проектирования систем управления;
- ознакомление с современными техническими средствами управления и управляющей вычислительной техникой.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

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

ОПК-4 - Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при моделировании технологических процессов;

ПК-2 - Способен использовать имеющиеся программные пакеты и, при необходимости, разрабатывать новое программное обеспечение, необходимое для обработки информации и управления в мехатронных и робототехнических системах, а также для их проектирования;

ПК-8 - Способен выполнять теоретические и экспериментальные исследования мехатронных и робототехнических систем с использованием современных информационно-измерительных устройств.

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

Владеть:

- методами исследования устойчивости нелинейных систем;
- методом фазовой плоскости анализа и синтеза нелинейных систем;
- методом гармонической линеаризации исследования автоколебаний;
- методом функций Ляпунова;

- методами построения оптимальных систем.

Знать:

- фундаментальные понятия: управляемость, наблюдаемость, стабилизируемость;
- различные понятия устойчивости (устойчивость по Ляпунову, асимптотическая устойчивость, асимптотическая устойчивость в целом, абсолютная устойчивость, орбитальная устойчивость);
- формулировки определений, теорем и критериев.

Уметь:

- описывать математические модели в пространстве состояний;
- строить по фазовой траекторий временные характеристики и наоборот;
- формулировать задачи оптимального управления;
- определять подходы к решению различных нелинейных задач.

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 10 з.е. (360 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	
		№2	№3
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	96	48	48
В том числе:			
Занятия лекционного типа	32	16	16
Занятия семинарского типа	64	32	32

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 264 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	<p>Представление в пространстве состояний. Некоторые математические сведения.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - уравнение системы в нормальной форме; - преобразование уравнений линейных систем в нормальную форму; - общая формула решения системы линейных дифференциальных уравнений; - управляемость и стабилизируемость объекта управления; - наблюдаемость и восстанавливаемость; - канонические формы уравнения и модальное управление; - равномерная непрерывность и лемма Барбалата; - лемма Калмана-Якубовича; - векторное дифференцирование.
2	<p>Нелинейные системы. Метод фазовой плоскости.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - нелинейные статические характеристики. Особенности нелинейных систем; - определение устойчивости; - орбитальная устойчивость. Автоколебания; - изображение процессов на фазовой плоскости; - фазовые портреты и типы особых точек; - метод фазовой плоскости анализа и синтеза систем.
3	<p>Метод гармонической линеаризации.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - гармоническая линеаризация; - вычисление коэффициентов гармонической линеаризации при симметричных колебаниях; - исследование симметричных автоколебаний; - несимметричные колебания; - вынужденные колебания и вибрационная линеаризация.
4	<p>Метод функций Ляпунова.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - знакопостоянные и знакоопределенные функции; - устойчивость неавтономных систем; - устойчивость автономных систем; - устойчивость при постоянно действующих возмущениях; - исследование нелинейных систем по линейному приближению; - оценка времени регулирования; - методы построения функций Ляпунова.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
5	<p>Абсолютная устойчивость.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - система сравнения. Необходимое условие абсолютной устойчивости; - прямой метод Ляпунова исследования абсолютной устойчивости; - частотные методы исследования абсолютной устойчивости; - квадратичный критерий абсолютной устойчивости; - круговой критерий абсолютной устойчивости.
6	<p>Линеаризация обратной связью.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - обычная линеаризация и ее недостатки; - линеаризация обратной связью; - некоторые сведения из дифференциальной геометрии; - линеаризация обратной связью по состоянию; - линеаризация обратной связью по выходу; - нуль-динамика и синтез алгоритмов управления.
7	<p>Системы большой размерности. Векторная функция Ляпунова.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - дифференциальные неравенства; - экспоненциальная устойчивость. Теорема Красовского; - декомпозиция и децентрализация; - векторные функции Ляпунова.
8	<p>Методы синтеза систем управления.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - метод обратной задачи динамики; - синтез систем с переменной структурой; - синтез систем, основанный на методе функций Ляпунова; - синтез систем методом линеаризации обратной связью; - синтез стабилизирующих законов управления методом декомпозиции.
9	<p>Методы теории оптимального управления.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - общие положения и постановка задачи; - метод множителей Лагранжа (методы классического вариационного исчисления).
10	<p>Синтез оптимальных детерминированных систем управления.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - наблюдатели; - метод фазовой плоскости синтеза оптимальной по быстродействию системы; - синтез оптимальной по интегральному квадратичному критерию нестационарной линейной системы управления; - синтез оптимальной по интегральному квадратичному критерию стационарной линейной системы управления; - синтез оптимального линейного регулятора выхода; - синтез оптимальной системы по критерию обобщенной работы; - метод прогонки решения задачи синтеза оптимальной линейной системы; - синтез оптимальных систем управления методом декомпозиции.
11	<p>Синтез оптимальных фильтров и стохастических оптимальных систем управления.</p> <p>Адаптивные системы управления.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - некоторые типы случайных процессов; - винеровская задача оптимальной фильтрации; - фильтры Калмана—Бьюси;

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- стохастические оптимальные системы.

4.2. Занятия семинарского типа.

Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	Терминология ТАУ. Передаточная функция линейной САУ. В результате выполнения практического задания рассматриваются передаточные функции САУ.
2	Передаточные функции типовых звеньев. В результате выполнения практического задания рассматриваются передаточные функции типовых звеньев.
3	Переходная функция САУ. Переходные функции 6 звеньев. В результате выполнения практического задания рассматриваются переходные функции САУ.
4	Моделирование переходных функций. В результате выполнения практического задания рассматриваются методы моделирования переходных функций.
5	Частотные характеристики САУ. В результате выполнения практического задания рассматриваются частотные характеристики САУ.
6	Частотные характеристики 6 звеньев. В результате выполнения практического задания рассматриваются частотные характеристики 6 звеньев.
7	Моделирование ЧХ. В результате выполнения практического задания рассматриваются методы моделирования ЧХ.
8	ЛАЧХ 6 звеньев. В результате выполнения практического задания рассматриваются ЛАЧХ 6 звеньев.
9	Моделирование ЛАЧХ. В результате выполнения практического задания рассматриваются методы моделирования ЛАЧХ.
10	Передаточные функции соединений. В результате выполнения практического задания рассматриваются передаточные функции соединений.
11	ЧХ последовательных соединений. В результате выполнения практического задания рассматриваются ЧХ.
12	Переходные функции параллельного соединения. ПИД-регулятор. В результате выполнения практического задания рассматриваются переходные функции параллельного соединения.
13	Звено 2 порядка – передаточная и переходная функции. В результате выполнения практического задания рассматриваются передаточная и переходная функции звена 2 порядка.
14	Моделирование переходной функции звена 2 порядка. В результате выполнения практического задания рассматриваются методы моделирования переходной функции звена 2 порядка.
15	Звено 2 порядка – АЧХ, ФЧХ, годограф и ЛАЧХ. В результате выполнения практического задания рассматриваются АЧХ, ФЧХ, годограф и ЛАЧХ звена 2 порядка.
16	Моделирование частотных характеристик звена 2 порядка. В результате выполнения практического задания рассматриваются методы моделирования частотных характеристик звена 2 порядка.

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
	характеристик звена 2 порядка.
17	Устойчивость линейных САУ - базовые определения. В результате выполнения практического задания рассматривается устойчивость линейных САУ.
18	Алгебраические критерии устойчивости. В результате выполнения практического задания рассматриваются алгебраические критерии устойчивости.
19	Частотные критерии устойчивости. В результате выполнения практического задания рассматриваются частотные критерии устойчивости.

Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	Принципы управления. Типы САУ. Основные виды автоматического управления. В результате выполнения лабораторной работы рассматриваются типы систем автоматического управления.
2	Структурные преобразования в САУ. В результате выполнения лабораторной работы рассматриваются правила структурных преобразований.
3	Математическое описание САУ. В результате выполнения лабораторной работы рассматриваются определение результирующих передаточных коэффициентов.
4	Типовые динамические звенья. В результате выполнения лабораторной работы рассматриваются правила построения результирующих статических характеристик.
5	Критерии устойчивости САУ. В результате выполнения лабораторной работы рассматриваются критерии устойчивости САУ.
6	Коррекция САУ. В результате выполнения лабораторной работы рассматривается анализ качества систем коррекции САУ.
7	Проектирование линейных САУ. В результате выполнения лабораторной работы рассматривается анализ качества систем автоматического управления.

4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Изучение пройденного лекционного материала и подготовка конспекта лекций
2	Подготовка к экзамену
3	Выполнение курсовой работы.
4	Подготовка к промежуточной аттестации.
5	Подготовка к текущему контролю.

4.4. Примерный перечень тем курсовых работ

Курсовая работа направлена на самостоятельное изучение основных

приемов построения автоматизированных систем управления НТТК. Цель работы: оптимизация типичной линейной системы автоматического управления (САУ) с использованием программного пакета моделирования систем VisSim. В задачи работы входит:

- анализ задания и исходных данных;
- описание принципа действия САУ;
- построение структурно-аналитической модели САУ;
- оценка устойчивости и стабилизация САУ;
- оптимизация модели;
- оценка качества модели.

Для выполнения курсовой работы студент должен владеть знаниями по управлению техническими системами и смежным дисциплинам, должен уметь пользоваться справочной литературой. Объем КР составляет 15-20 страниц в виде расчетно-пояснительной записки с поясняющими схемами, рисунками и расчетами.

Пример. Тема курсовой работы:

"Анализ и оптимизация САУ частоты вращения вала двигателя постоянного тока (САУ ЧВ ДПТ) Вар_№".

Примечание: Вар_№ (№ - номер варианта задания).

Задание: построить модель САУ, исследовать ее, оптимизировать и оценить качество полученной САУ.

Исходные данные: функциональная схема САУ ЧВДПТ и параметры ее элементов.

Дополнительное задание:

Исследовать САУ, учитывая нелинейность тиристорного преобразователя. Вид нелинейности: усиление с ограничением. Уровень ограничения, приведенный к входу ТП, составляет $0.2(1 + 0.1N)$.

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

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Ким, Д. П. Теория автоматического управления. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы : учебник и практикум для вузов / Д. П. Ким. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт,	URL: https://urait.ru/bcode/491183 (дата обращения: 12.04.2022).

	2022. — 441 с.	
2	Жмудь, В. А. Моделирование замкнутых систем автоматического управления : учебное пособие для вузов / В. А. Жмудь. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 128 с.	URL: https://urait.ru/bcode/492073
3	Антимиров, В. М. Системы автоматического управления : учебное пособие для вузов / В. М. Антимиров ; под научной редакцией В. В. Телицина. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 91 с.	URL: https://urait.ru/bcode/492240
4	Прогнозирование состояний систем А.А. Ермаков; МПС РФ, Иркутский ин-т инж. ж.-д. транспорта Однотомное издание ИрИИТ , 1999 - 226 с.	НТБ (фб.)
5	Анализ и синтез систем автоматического управления объектами транспорта в среде MATLAB 3.А. Крепкая, С.А. Кротенко; МИИТ. Каф. "Автоматизированные системы управления" Однотомное издание МИИТ , 2006 - 68 с.	НТБ (ЭЭ); НТБ (фб.); НТБ (чз.1)
6	Системы технического зрения в робототехнике Г.В. Письменный, Б.Б. Михайлов, А.Ю. Корнеев Однотомное издание Машиностроение , 1991 - 115 с.	НТБ (фб.)
7	Пневматические системы автоматического регулирования технологических процессов В.С. Прусенко Однотомное издание Машиностроение , 1987 - 360 с.	НТБ (фб.)
8	Системы автоматического управления объектами с переменными параметрами. Инженерные методы анализа и синтеза Б.Н. Петров, Н.И. Соколов, А.В. Липатов и др. Однотомное издание Машиностроение , 1986 - 256 с.	НТБ (фб.)

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/>)

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

VisSim.

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

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

2. Программное обеспечение для создания программ и электрических схем.

3. Специализированная лекционная аудитория с мультимедиа аппаратурой и интерактивной доской.

4. Специализированная аудитория для выполнения практических работ.

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет во 2 семестре.

Курсовая работа в 3 семестре.

Экзамен в 3 семестре.

10. Оценочные материалы.

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

Авторы

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

Неклюдов Алексей
Николаевич

Лист согласования

Заведующий кафедрой НТТС
Председатель учебно-методической
комиссии

А.Н. Неклюдов

С.В. Володин