

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
23.04.02 Наземные транспортно-технологические
комплексы,
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)
Тимониным В.С.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

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

Направление подготовки: 23.04.02 Наземные транспортно-
технологические комплексы

Направленность (профиль): Наземные транспортные комплексы

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: 01.06.2023

1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целями освоения дисциплины (модуля) являются:

- усвоение студентами основ теории автоматического регулирования и управления;
- овладение методологией теории регулирования и 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-5 - Способен применять инструментарий формализации научно-технических задач, использовать прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования систем и процессов;

ПК-6 - Способен к проведению испытаний, анализу и проведению теоретических исследований по созданию перспективных агрегатов, систем, автомобилей и технологий.

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

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 траектории временные характеристики и наоборот;
- формулировать задачи оптимального управления;
- определять подходы к решению различных нелинейных задач.

Владеть:

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

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 8 з.е. (288 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	Сем. №3
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	80	80
В том числе:		
Занятия лекционного типа	32	32
Занятия семинарского типа	48	48

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 208 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.
5	<p>Абсолютная устойчивость.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<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); - принцип максимума Понтрягина; - метод динамического программирования.
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.

Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/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

№ п/п	Тематика практических занятий/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.
20	Построение областей устойчивости. В результате выполнения практической работы для характеристического уравнения проводится построение кривых D-разбиения по неизвестным параметрам и определяется область устойчивости.
21	Построение переходных процессов в линейных системах автоматического управления. В результате выполнения практической работы по таблице значений ВЧХ системы проводится построение графика переходного процесса системы методом трапеций.
22	Параметрический синтез линейных систем регулирования корневым методом. В результате выполнения практической работы для регулятора проводится настройка параметров в одноконтурной системе регулирования.
23	Автоматические системы регулирования при случайных воздействиях. В результате выполнения практической работы для передаточной функции проводится определение дисперсии ошибки регулирования в одноконтурной системе.
24	Импульсные системы. В результате выполнения практической работы для передаточной функции разомкнутой импульсной системы проводится оценка устойчивости замкнутой импульсной системы.

4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Текущая подготовка к практическим занятиям.
2	Выполнение курсовой работы.
3	Подготовка к промежуточной аттестации.
4	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, 2022. — 441 с.	URL: https://urait.ru/bcode/491183 (дата обращения: 12.04.2023). - Текст: электронный.
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 (дата обращения: 12.04.2023). - Текст: электронный.
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 (дата обращения: 12.04.2023). - Текст: электронный.

4	Шойко, В. П. Автоматическое регулирование в электрических системах : учебное пособие / В. П. Шойко. — 2-е изд. — Новосибирск : НГТУ, 2017. — 195 с. — ISBN 978-5-7782-3371-3.	URL: https://e.lanbook.com/book/118159 (дата обращения: 12.04.2023). - Текст: электронный.
5	Карпов, А. Г. Цифровые системы автоматического регулирования : учебное пособие / А. Г. Карпов. — Москва : ТУСУР, 2015. — 216 с. — ISBN 978-5-86889-716-0.	URL: https://e.lanbook.com/book/110296 (дата обращения: 12.04.2023). - Текст: электронный.
6	Озеркин, Д. В. Основы автоматики и системы автоматического управления : учебное пособие / Д. В. Озеркин. — Москва : ТУСУР, 2012. — 179 с.	URL: https://e.lanbook.com/book/10906 (дата обращения: 12.04.2023). - Текст: электронный.
7	Управление наземными транспортно-технологическими средствами: учебник /В.В. Шаповалов и др. — ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2018. — 263 с.	URL: http://umczdt.ru/books/40/18736 (дата обращения: 12.04.2023). - Текст: электронный.

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).

Microsoft Office (Word, PowerPoint); VisSim.

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. Компьютерный класс для проведения практических занятий.

9. Форма промежуточной аттестации:

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:

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

А.И. Пушкин

Согласовано:

Заведующий кафедрой НТТС
Председатель учебно-методической
комиссии

А.Н. Неклюдов

С.В. Володин