

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИЯТИШ

О.Ю. Долматов

« 31 » 08 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2021 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

ОСНОВЫ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИМИ УСТАНОВКАМИ

Направление подготовки/ специальность	14.05.04 Электроника и автоматика физических установок		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Системы управления технологическими процессами и физическими установками		
Специализация	Системы управления технологическими процессами и физическими установками		
Уровень образования	высшее образование - специалитет		
Курс	4	семестр	7,8
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	10 (8/2)		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	56	
	Практические занятия	24	
	Лабораторные занятия	48	
	ВСЕГО	128	
Самостоятельная работа, ч		232	
в т.ч. отдельные виды самостоятельной работы с выделенной промежуточной аттестацией (курсовой проект, курсовая работа)		Курсовой проект	
ИТОГО, ч		360	

Вид промежуточной
аттестации

экзамен,
зачет,
диф.зачет

Обеспечивающее
подразделение

ОЯТЦ

Заведующий кафедрой -
руководитель отделения на
правах кафедры
Руководитель ООП
Преподаватель

А.Г. Горюнов

Е.В. Ефремов

В.Ф. Дядик

2021 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5. Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
ОПК(У)-2	Способен применять математический аппарат и вычислительную технику для решения профессиональных задач	И.ОПК(У)-2.4	Демонстрирует знания математических методов и моделей для решения задач теоретического и прикладного характера	ОПК(У)-2.4В1	Владеет методами математического описания, анализа и синтеза систем автоматического управления
				ОПК(У)-2.4У1	Умеет составлять математическую модель автоматической системы управления
				ОПК(У)-2.4З1	Знает математические модели функциональных элементов и замкнутых систем автоматического управления
ПК(У)-10	Способен к проведению технико-экономического обоснования проектных расчетов устройств и узлов приборов и установок	И.ПК(У)-10.1	Демонстрирует знание основных методов проектирования автоматизированных систем автоматического управления технологическим и процессами	ПК(У)-10.1.В1	Владеет методами синтеза систем автоматического управления реальными технологическими процессами
				ПК(У)-10.1У1	Умеет выбирать передаточную функцию и настроечные параметры управляющего устройства, обеспечивающие получение требуемых показателей качества управления
				ПК(У)-10.1.З1	Знает основные принципы, методы и приемы синтеза систем автоматического управления с заданными показателями качества
ПК(У)-11	Способен выполнять расчет и проектирование программно-технических средств АСУ ТП и АСНИ в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных средств автоматизации проектирования	И.ПК(У)-11.2	Разрабатывает эффективные системы автоматизации, обеспечивающие современное качество управления технологическим и производственными процессами.	ПК(У)-11.2.В1	Владеет методами выбора алгоритмов управления, обеспечивающих заданный алгоритм функционирования проектируемой системы автоматического управления
				ПК(У)-11.2.У1	Умеет составлять алгоритмические структурные схемы систем автоматического управления, реализующих различные функциональные принципы управления
				ПК(У)-11.2.З1	Знает функциональные принципы построения автоматической системы управления
ПК(У)-14	Способен применять современные методы исследования процессов и объектов профессиональной деятельности, применять математический аппарат для формализации, анализа и выработки решения	И.ПК(У)-14.9	Решает стандартные задачи профессиональной деятельности с применением информационных технологий и их основных компонентов-технического, математического и программного обеспечения	ПК(У)-14.9.В1	Владеет методами анализа устойчивости и расчета показателей качества систем автоматического управления
				ПК(У)-14.9.У1	Умеет вычислять установившиеся значения ошибок управления, анализировать устойчивость, оценивать аналитически или определять экспериментально показатели качества систем автоматического управления
				ПК(У)-14.9.З1	Знает методы анализа устойчивости и расчета показателей качества систем автоматического управления

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части Блока 1 учебного плана образовательной программы.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Индикатор достижения компетенции
Код	Наименование	
РД-1	Владеть методами теории автоматического управления при разработке, проектировании и наладке автоматических систем управления технологическими процессами.	И.ОПК(У)-2.4
РД-2	Применять практические навыки по составлению функциональной и алгоритмических схем конкретной системы управления промышленным объектом.	И.ПК(У)-14.9
РД -3	Производить анализ устойчивости систем управления и определять показатели качества процесса управления.	И.ПК(У)-10.1
РД-4	Владеть методами и приёмами синтеза систем автоматического управления с заданными показателями качества, принципами выбора настроечных параметров типовых управляющих устройств и условиями обеспечения инвариантности систем к внешним возмущениям.	И.ПК(У)-11.2

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

4. Структура и содержание дисциплины

Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности	Объем времени, ч.
Семестр 7			
Раздел (модуль) 1. Введение и общие положения	РД-1	Лекции	6
		Лабораторные занятия	8
		Самостоятельная работа	17
Раздел (модуль) 2. Методы математического описания элементов и систем автоматического управления	РД-2	Лекции	10
		Практические занятия	6
		Самостоятельная работа	22
Раздел (модуль) 3. Характеристики типовых динамических звеньев линейных систем автоматического управления	РД-1 РД-2	Лекции	8
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	17
Раздел (модуль) 4. Анализ устойчивости линейных систем автоматического управления	РД-1 РД-3	Лекции	6
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	10
		Самостоятельная работа	28
Раздел (модуль) 5. Методы оценки качества управления	РД-2 РД-3	Лекции	6
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	16

Раздел (модуль) 6. Анализ систем автоматического управления в установившемся режиме	РД-3	Лекции	4
		Практические занятия	2
		Самостоятельная работа	10
Раздел (модуль) 7. Синтез промышленных систем автоматического управления	РД-4	Лекции	8
		Лабораторные занятия	12
		Самостоятельная работа	30
Раздел (модуль) 8. Нелинейные системы автоматического управления	РД-1 РД-4	Лекции	8
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	10
		Самостоятельная работа	28
Семестр 8			
Курсовой проект	РД-1	Практические занятия	8
	РД-4	Самостоятельная работа	64

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Введение и общие положения –6 часа

Вводятся понятия автоматического управления, автоматического регулирования. Рассматриваются фундаментальные принципы управления. Описываются объекты управления, анализируется функциональная схема и проводится классификация систем автоматического управления (САУ).

Темы лекций:

1. Содержание курса. Понятия управления и регулирования технологическим процессом. Технологический объект управления.
2. Фундаментальные принципы управления. Алгоритм функционирования САУ. Алгоритм управления САУ.
3. Функциональная схема системы автоматического управления по отклонению. Классификация систем автоматического управления

Названия лабораторных работ:

1. Основные элементы языка программирования и визуализации расчётов в системе MATLAB + SIMULINK.
2. Исследование динамических характеристик типовых линейных законов регулирования.

Раздел 2. Методы математического описания элементов и систем автоматического управления – 10часов

Дается понятие динамического звена, приводятся стандартные формы записи дифференциального уравнения звена. Составляются дифференциальные уравнения САУ относительно сигнала рассогласования и управляемой величины. Приводятся передаточные функции динамических звеньев, разомкнутой и замкнутой САУ. Описываются временные и частотные характеристики систем автоматического управления.

Темы лекций:

1. Дифференциальное уравнение динамического звена. Составление дифференциального уравнения замкнутой САУ.
2. Изображение Лапласа дифференциального уравнения динамического звена. Передаточная функция динамического звена. Преобразование структурных схем систем автоматического управления.

3. Передаточные функции замкнутой САУ по задающему и возмущающему воздействиям.
4. Временные характеристики систем автоматического управления.
5. Частотные характеристики систем автоматического управления.

Темы практических занятий:

1. Составление дифференциального уравнения двигателя постоянного тока, управляемого по цепям обмотки якоря и обмотки возбуждения.
2. Составление дифференциального уравнения системы автоматической стабилизации угловой скорости двигателя постоянного тока.
3. Построение структурных схем систем автоматического управления. Определение передаточных функций замкнутых систем автоматического управления.

Раздел 3. Характеристики типовых динамических звеньев линейных систем автоматического управления – 8 часов.

Проводится классификация типовых динамических звеньев линейных систем автоматического управления. Рассматриваются различные способы математического описания простейших звеньев, а также звеньев первого и второго порядков. Приводятся их дифференциальные уравнения; передаточные функции; временные и частотные характеристики.

Темы лекций:

1. Классификация типовых динамических звеньев линейных систем автоматического управления. Математическое описание простейших динамических звеньев САУ.
2. Классификация динамических звеньев первого порядка. Математическое описание динамических звеньев 1 порядка.
3. Классификация динамических звеньев второго порядка. Математическое описание инерционного звена второго порядка.
4. Математическое описание колебательного звена 2 порядка.

Темы практических занятий:

1. Преобразование структурных схем систем автоматического управления. Передаточные функции САУ по задающему и возмущающему воздействиям.

Названия лабораторных работ:

1. Характеристики типовых динамических звеньев линейных систем автоматического управления.

Раздел 4. Анализ устойчивости линейных систем автоматического управления – 6 часов.

Рассматриваются основные понятия об устойчивости и условия устойчивости линейных систем автоматического управления. Изучаются алгебраические и частотные критерии устойчивости САУ. Описываются методы построения областей устойчивости в плоскости двух параметров систем автоматического управления.

Темы лекций:

1. Основные понятия об устойчивости систем автоматического управления. Алгебраические критерии устойчивости САУ.
2. Частотные критерии устойчивости систем автоматического управления.
3. Построение областей устойчивости в плоскости параметров системы автоматического управления. D – разбиение.

Темы практических занятий:

1. Определение критических значений параметров САУ из условий нахождения САУ на границах устойчивости.

Названия лабораторных работ:

1. Исследование устойчивости САУ с помощью алгебраических критериев устойчивости.
2. Исследование устойчивости САУ с помощью частотных критериев устойчивости.
3. Построение областей устойчивости систем автоматического управления в плоскости 2-х параметров системы (Д-разбиение).

Раздел 5. Методы оценки качества управления – 6 часов.

Приводятся основные понятия о качестве систем автоматического управления – ее свойствах, определяющих точность поддержания управляемой величины на заданном уровне в установившихся и переходных режимах. Точность систем в переходных режимах оценивают при помощи прямых и косвенных показателей качества. Рассматриваются методы количественной оценки прямых, корневых, частотных и интегральных показателей качества.

Темы лекций:

1. Прямые показатели качества переходных процессов систем автоматического управления.
2. Корневые методы оценки качества управления. Частотные показатели качества работы САУ.
3. Интегральные критерии качества систем автоматического управления.

Темы практических занятий:

1. Вычисление оптимальных значений параметров систем автоматического управления, соответствующих минимуму квадратичной интегральной оценки качества САУ.

Названия лабораторных работ:

1. Определение прямых и корневых показателей качества переходных процессов систем автоматического управления

Раздел 6. Анализ систем автоматического управления в установившемся режиме – 4 часа.

Вводятся понятия статического и астатического регулирования. Дается описание статических характеристик динамических звеньев и типовых соединений звеньев. Описывается статическая характеристика замкнутой линейной САУ. Вычисляется погрешность САУ при медленно изменяющихся воздействиях.

Темы лекций:

1. Понятия статического и астатического управления. Статические характеристики систем автоматического управления. Статическая характеристика линейной замкнутой САУ.
2. Погрешность систем автоматического управления при медленно изменяющихся воздействиях. Ряд ошибок.

Темы практических занятий:

1. Расчет погрешности систем автоматического управления при медленно-изменяющихся воздействиях.

Раздел 7. Синтез промышленных систем автоматического управления – 8 часов.

Излагаются методики синтеза одноконтурных систем автоматического управления по отклонению, комбинированных САУ, а также корректирующих устройств, обеспечивающих необходимые показатели качества. При синтезе одноконтурных САУ составляются ее функциональная и структурная схемы, проводится математическое описание всех ее функциональных элементов, выбирается закон управления и рассчитываются его коэффициенты. Синтез комбинированных САУ проводится из условия обеспечения инвариантности управляемой координаты относительно возмущающего воздействия. Синтез корректирующих звеньев проводится методом логарифмических частотных характеристик.

Темы лекций:

1. Этапы синтеза одноконтурных систем автоматического управления по отклонению. Составление функциональной и структурной схем САУ.
2. Математическое описание технологического объекта управления. Математическое описание функциональных элементов САУ.
3. Выбор закона регулирования. Методы расчета параметров настройки типовых регуляторов.
4. Синтез комбинированных систем автоматического управления. Синтез корректирующих звеньев САУ.

Названия лабораторных работ:

1. Математическое описание технологического объекта управления. Идентификация ТОУ.
2. Исследование одноконтурных линейных систем автоматического управления.
3. Исследование многоконтурных систем автоматического управления.

Раздел 8. Нелинейные системы автоматического управления – 8 часов.

Дается понятие о нелинейных системах автоматического управления и их характеристики. Излагаются метод припасовывания и фазовый метод исследования нелинейных САУ. Проводится анализ устойчивости, и определяются показатели качества нелинейных систем автоматического управления.

Темы лекций:

1. Классификация дискретных САУ. Обобщенная структурная схема нелинейной САУ. Типовые статистические характеристики нелинейных звеньев. Классификация методов анализа нелинейных САУ.
2. Фазовый метод исследования нелинейных САУ. Общие положения. Эталонные фазовые портреты консервативного и колебательного звеньев второго порядка.
3. Эталонные фазовые портреты апериодического звена второго порядка. Особые траектории фазовых портретов нелинейных САУ. Построение фазовых портретов нелинейных САУ.
4. Анализ устойчивости нелинейных систем автоматического управления. Оценка качества переходных процессов нелинейных САУ.

Темы практических занятий:

1. Оценка показателей качества нелинейных систем автоматического управления.

Названия лабораторных работ:

1. Построение фазовых портретов линейных систем автоматического управления второго порядка.
2. Исследование релейных систем автоматического управления фазовым методом.
3. Исследование релейных систем автоматического управления методом припасовывания (сшивания) граничных значений.

4. Исследование качества управления нелинейных САУ.

Тематика курсовых проектов (теоретический раздел)

1. Синтез системы автоматического управления пламенным реактором производства гексафторида урана.
2. Синтез системы автоматического управления типовым промышленным объектом-теплообменником.

5. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Работа в электронном курсе (изучение теоретического материала, выполнение индивидуальных заданий и контролирующих мероприятий и др.);
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- Выполнение домашних заданий, расчетно-графических работ и домашних контрольных работ;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
- Выполнение курсового проекта;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям;

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература:

1. Теория автоматического управления. Учебник для вузов. В 2 ч. Ч. 1. Теория линейных систем автоматического управления / под ред. А. А. Воронова. — 3-е изд., стер. — Екатеринбург: АТП, 2015. — 367 с. - Текст: непосредственный.

2. Теория автоматического управления. Учебник для вузов. В 2 ч. Ч. 2. Теория нелинейных и специальных систем автоматического управления / под ред. А. А. Воронова. — 3-е изд., стер. — Екатеринбург: АТП, 2015. — 504 с. - Текст: непосредственный.

3. Дядик, Валерий Феодосиевич. Теория автоматического управления: учебное пособие / В. Ф. Дядик, С. А. Байдали, Н. С. Криницын; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2011. — <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2017/m032.pdf> (дата обращения: 16.03.2021) — Режим доступа: доступ из корпоративной сети ТПУ. - Текст: электронный.

Дополнительная литература:

1. Ким, Дмитрий Петрович. Теория автоматического управления учебник для вузов: в 2 т.: / Д. П. Ким. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Физматлит, 2010 Т. 1: Линейные системы. — 2010. — 310 с.: ил. — Текст: непосредственный.

2. Ротач, Виталий Яковлевич. Теория автоматического управления: учебник для студентов вузов / В. Я. Ротач. — 5-е изд., перераб. и доп. — Москва : Изд-во МЭИ, 2008. — 394 с.: ил. — Текст : непосредственный.

3. Бесекерский, Виктор Антонович. Теория систем автоматического управления / В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. — 4-е изд., перераб. и доп. — Санкт-Петербург: Профессия, 2007. — 747 с.: ил. — Текст : непосредственный.

4. Гайдук, А. Р. Теория автоматического управления в примерах и задачах с решениями в MATLAB : учебное пособие / А. Р. Гайдук, В. Е. Беляев, Т. А. Пьявченко. — 5-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 464 с. — Текст : электронный // Лань:

электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/125741> (дата обращения: 16.03.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Певзнер, Л. Д. Теория автоматического управления. Задачи и решения : учебное пособие / Л. Д. Певзнер. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 604 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/75516> (дата обращения: 16.03.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

6.2. Информационное и программное обеспечение

Internet-ресурсы (в т.ч. в средеLMSMOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

1. Электронно-библиотечная система «Лань» - <https://e.lanbook.com/>
2. Электронно-библиотечная система «ZNANIUM.COM» - <https://new.znanium.com/>
3. Электронно-библиотечная система «Юрайт» - <https://urait.ru/>
4. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» <http://www.studentlibrary.ru/>

Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы доступны по ссылке: <https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb>.

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ**):

1. Adobe Acrobat Reader DC;
2. Design Science MathType 6.9 Lite;
3. Far Manager;
4. Google Chrome;
5. MathWorks MATLAB Full Suite R2017b;
6. Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic;
7. Zoom Zoom.

7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических и лабораторных занятий:

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс). 634028 Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2, 328	Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Шкаф для одежды - 1 шт.; Шкаф для документов - 2 шт.; Тумба стационарная - 2 шт.; Комплект учебной мебели на 12 посадочных мест; Компьютер - 12 шт.
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2, 340	Доска аудиторная настенная - 2 шт.; Тумба подкатная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 48 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 14.05.04 «Электроника и автоматика физических установок», специализация «Системы управления технологическими процессами и физическими установками» (приема 2021 г., очная форма обучения).

Разработчик:

Должность		ФИО
Доцент		Дядик В.Ф.

Программа одобрена на заседании выпускающего Отделения ядерно-топливного цикла ИЯТШ (протокол от «31» августа 2021 г. №43).

Заведующий кафедрой - руководитель
отделения на правах кафедры, д.т.н.



подпись

А.Г. Горюнов

Лист изменений рабочей программы дисциплины:

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании Отделения ядерно- топливного цикла (протокол)