

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

УТВЕРЖДАЮ

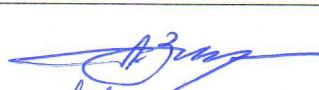
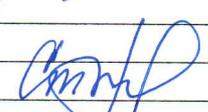
Директор обеспечивающей  
 Школы ИИЦЭ

  
 А.С. Матвеев  
 «30» 06 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ПРИЕМ 2020 г.**  
**ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная**

<b>Теория автоматического управления</b>		
Направление подготовки	<b>13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника</b>	
Образовательная программа (направленность (профиль))	<b>Инженерия теплоэнергетики и теплотехники</b>	
Специализация	Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике и теплотехнике	
Уровень образования	высшее образование – бакалавриат	
Курс	4 семестр 7, 8	
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	9	
Виды учебной деятельности	Временной ресурс	
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	54
	Практические занятия	35
	Лабораторные занятия	43
	ВСЕГО	132
Самостоятельная работа, ч		192
в т.ч. отдельные виды самостоятельной работы с выделенной промежуточной аттестацией (курсовой проект, курсовая работа)		курсовой проект
ИТОГО, ч		<b>324</b>

Вид промежуточной аттестации	<b>Зачет (7) Экзамен (8) Диф. зач. (8)</b>	Обеспечивающее подразделение	<b>НОЦ И.Н. Бутакова</b>
------------------------------	--	------------------------------	------------------------------

Заведующий кафедрой – руководитель НОЦ И.Н. Бутакова на правах кафедры Руководитель ООП Преподаватель		А.С. Заворин
		А.М. Антонова
		П.А. Стрижак

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5.4 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 соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования в теоретических и экспериментальных исследованиях при решении профессиональных задач	И.ОПК(У)-2.1.	Применяет математический аппарат исследования функций, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления, рядов, дифференциальных уравнений, теории функций комплексного переменного в инженерной деятельности	ОПК(У)-2.1В1	Владеет математическим аппаратом алгебры и дифференциального исчисления функции одной переменной для проведения теоретического исследования и моделирования физических и химических процессов и явлений, а также, для решения профессиональных задач
				ОПК(У)-2.1В2	Владеет математическим аппаратом дифференциального и интегрального исчисления для проведения теоретического исследования и моделирования физических и химических процессов и явлений, а также, для решения профессиональных задач
ПК(У)-6	Способен участвовать в управлении процессом эксплуатации оборудования и трубопроводов ТЭС, контролировать параметры технологических процессов и показатели качества рабочего тела	ПК(У)-6.1	Демонстрирует знания основных положений теории автоматического управления	ПК(У)-6.1В1	Владеет опытом выполнения расчета переходных процессов и определения устойчивости простейших систем автоматического регулирования
				ПК(У)-6.1У1	Умеет выполнять структурные преобразования простейших схем автоматического регулирования
				ПК(У)-6.1У2	Умеет выбирать закон регулирования в зависимости от укрупненных статических и динамических характеристик объекта
				ПК(У)-6.1З1	Временных и частотных характеристик простейших элементов систем автоматического регулирования
				ПК(У)-6.1З2	Знает законы непрерывного регулирования, их характеристики и условия применения
ПК(У)-7	Способен выполнять предпроектное обследование объекта автоматизации, разрабатывать проектную и конструкторскую документацию АСУ ТП	И.ПК(У)-7.2	Разрабатывает проектные решения отдельных частей автоматизированной системы управления	ПК(У)-7.2В1	Владеет опытом разработки подсистем автоматической системы регулирования параметров технологического процесса
ПК(У)-8	Способен применять методы специальных расчетов и моделирования при построении АСУ ТП и АСУП	И.ПК(У)-8.1	Применяет математический аппарат и современное программное обеспечение для анализа и синтеза АСУ ТП	ПК(У)-8.1В1	Владеет опытом выбора структуры подсистем и систем автоматического управления технологическими процессами
				ПК(У)-8.1В2	Владеет опытом применения инструментов математического анализа и линейной алгебры для исследования автоматических систем регулирования
				ПК(У)-8.1У1	Умеет выполнять идентификацию объектов управления для составления их передаточных функций в общем цикле технологического процесса
				ПК(У)-8.1З1	Знает расчетные и графические методы определения оптимальных параметров настройки регуляторов, оценок качества работы автоматических систем регулирования

## 2. Место дисциплины 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	Знать основные положения теории автоматического управления, временные и частотные характеристики АСР, законы регулирования, элементарные звенья АСР	И.ПК(У)-6.1 И.ПК(У)-7.2
РД 2	Уметь выполнять преобразования структурных схем, осуществлять идентификацию объектов управления, рассчитывать переходные процессы в линейных системах, применять критерии устойчивости систем при анализе АСР	И.ОПК(У)-2.1 И.ПК(У)-6.1 И.ПК(У)-8.1
РД 3	Владеть опытом использования математического аппарата линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления при анализе, идентификации, параметрическом синтезе систем автоматического регулирования	И.ОПК(У)-2.1 И.ПК(У)-8.1
РД 4	Владеть опытом применения расчетных и графических методов параметрического синтеза одноконтурной автоматической системы регулирования с заданной структурой	И.ОПК(У)-2.1 И.ПК(У)-6.1 И.ПК(У)-7.2
РД 5	Знать основные виды нелинейных систем, режимы их работы (автоколебания), критерии устойчивости. Уметь выполнять исследования предельных циклов работы систем с учетом ограничений на допустимые частоты и амплитуды колебаний.	И.ПК(У)-6.1 И.ПК(У)-8.1

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.
Раздел 1. Введение и общие положения	РД 1	Лекции	10
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	6
		Самостоятельная работа	30
Раздел 2. Математический аппарат исследования систем автоматического управления	РД 1 РД 3	Лекции	12
		Практические занятия	10
		Лабораторные занятия	8
		Самостоятельная работа	42
Раздел 3. Устойчивость линейных систем автоматического управления	РД 1 РД 2	Лекции	8
		Практические занятия	10
		Лабораторные занятия	8
		Самостоятельная работа	36
Раздел 4. Методы оценки качества регулирования линейных систем	РД 3	Лекции	6
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	18
Раздел 5. Параметрический синтез промышленных систем автоматического регулирования	РД2 РД 3 РД 4	Лекции	10
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	8
		Самостоятельная работа	30
Раздел 6. Нелинейные системы автоматического управления	РД 5	Лекции	8
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	8
		Самостоятельная работа	36

Содержание разделов дисциплины:

##### **Раздел 1. Введение и общие положения**

Основные понятия. История возникновения. Фундаментальные принципы и законы регулирования. Математическое описание систем автоматического управления.

##### **Темы лекций:**

1. Автоматизация, ее цели, технико-экономическая эффективность и значение ее для развития современной энергетики и промышленного производства.
2. Исторический путь развития теории автоматического управления. Связь теории автоматического управления с другими дисциплинами специальности.
3. Понятие управления, цели управления, критерии качества управления, свойства объекта управления, автоматической системы управления.
4. Автоматическое регулирование. Классификация систем автоматического регулирования (АСР).
5. Элементы АСР. Задачи исследования систем управления и автоматического регулирования.

##### **Темы практических занятий:**

1. Свойства теплоэнергетических объектов как объектов управления;
2. Критерии качества управления теплоэнергетическими объектами.

##### **Названия лабораторных работ:**

1. Исследование АСР, реализующей принцип разомкнутого управления;
2. Исследование АСР, реализующей принцип компенсации возмущений;

### 3. Исследование АСР, реализующей принцип обратной связи.

## **Раздел 2. Математический аппарат исследования систем автоматического управления**

Временные и частотные характеристики систем. Преобразования Лапласа. Передаточные функции систем. Элементарные звенья. Структурные преобразования систем.

### **Темы лекций:**

1. Математические модели объектов управления. Уравнения динамики и статики;
2. Линеаризация. Основные свойства преобразования Лапласа;
3. Формы записи дифференциальных уравнений. Передаточные функции;
4. Частотные характеристики. Временные характеристики;
5. Элементарные звенья и их характеристики;
6. Структурные схемы, уравнения и частотные характеристики стационарных линейных систем, правила преобразования структурных схем.

### **Темы практических занятий:**

1. Дифференциальные уравнения элементов систем автоматического управления.
2. Временные характеристики звеньев и систем.
3. Частотные характеристики звеньев и систем.
4. Простейшие методы идентификации систем по их переходным характеристикам.
5. Передаточные функции и частотные характеристики звеньев и систем.

### **Названия лабораторных работ:**

1. Опытная настройка АСР с двумя параметрами.
2. Экспериментальное определение частотных характеристик систем.
3. Исследование временных характеристик систем.
4. Идентификация объектов управления.

## **Раздел 3. Устойчивость линейных систем автоматического управления**

Устойчивость линейных систем. Алгебраические и частотные критерии устойчивости. Построение областей устойчивости в пространстве параметров систем. Д-разбиение. Понятие запаса устойчивости.

### **Темы лекций:**

1. Понятие устойчивости. Общая постановка задач устойчивости по А.М. Ляпунову. Теоремы А.М. Ляпунова об устойчивости движения по первому приближению;
2. Условия устойчивости систем автоматического управления. Алгебраические критерии устойчивости.
3. Частотные критерии устойчивости.
4. Д-разбиение. Анализ устойчивости по логарифмическим частотным характеристикам. Устойчивость систем с запаздыванием и систем с иррациональными звеньями.

### **Темы практических занятий:**

1. Структурное преобразование и определение устойчивости АСР различных порядков методом Рауса;
2. Структурное преобразование и определение устойчивости АСР различных порядков методами Гурвица и Лъенара-Шипара;
3. Структурное преобразование и определение устойчивости АСР по критерию

- Михайлова;
4. Структурное преобразование и определение устойчивости АСР по критерию Найквиста;
  5. Построение областей устойчивости. D-разбиение

**Названия лабораторных работ:**

1. Исследование устойчивости систем регулирования во временной области и в плоскости корней характеристического уравнения.
2. Исследование устойчивости систем регулирования с помощью алгебраических критериев Рауса, Гурвица, Льенара-Шипара.
3. Исследование устойчивости систем регулирования с помощью частотного критерия Михайлова.
4. Исследование устойчивости систем регулирования с помощью частотного критерия Найквиста.

**Раздел 4. Методы оценки качества регулирования линейных систем**

Оценки качества переходных процессов. Прямые и косвенные оценки. Расчет переходных процессов по ВЧХ. Метод трапеций.

**Темы лекций:**

1. Методы расчета переходных процессов по вещественным частотным характеристикам. Метод трапеций.
2. Оценка качества переходного процесса при воздействии в виде ступенчатой функции. Оценка качества регулирования при гармонических воздействиях. Оценка качества регулирования в установившихся режимах (коэффициенты ошибок).
3. Корневые методы оценки качества переходных процессов. Частотные методы оценки качества регулирования.

**Темы практических занятий:**

1. Построение переходных процессов в линейных системах автоматического управления. Метод трапеций. Прямые оценки качества регулирования.

**Названия лабораторных работ:**

1. Определение переходных процессов в АСР по ее вещественным частотным характеристикам. Метод трапеций.
2. Переходные процессы в системах автоматического управления.

**Раздел 5. Параметрический синтез промышленных систем автоматического регулирования**

Параметрический синтез систем автоматического управления. Синтез АСР первого и второго порядка. Корневые и частотные методы параметрического синтеза.

**Темы лекций:**

1. Динамические свойства промышленных объектов регулирования. Типовые линейные законы регулирования.
2. Устойчивость систем регулирования с типовыми регуляторами. О постановке и решении задач параметрического синтеза.
3. Синтез АСР с применением интегральных оценок качества регулирования (выбор интегральной оценки, вычисление интегральных оценок)
4. Синтез АСР с применением интегральных оценок качества регулирования (определение параметров регуляторов, минимизирующих интегральные оценки).

5. Синтез АСР на основе корневых оценок качества регулирования. Частотные методы синтеза АСР.

**Темы практических занятий:**

1. Параметрический синтез линейных систем регулирования корневым методом (РАФЧХ);
2. Параметрический синтез линейных систем регулирования с оценкой задачи устойчивости по максимуму АЧХ замкнутой системы.

**Названия лабораторных работ:**

1. Настройка типовых регуляторов методом расширенных частотных характеристик;
2. Настройка типовых регуляторов с оценкой запаса устойчивости по величине максимума АЧХ (метод В.Я. Ротача);
3. Исследование автоматических систем регулирования при случайных воздействиях;
4. Системы с дополнительными информационными каналами. Системы с компенсацией возмущений.

**Раздел 6. Нелинейные системы автоматического управления**

Нелинейные системы. Фазовые траектории (портреты). Автоколебания. Метод точечных преобразований. Системы с переменной структурой. Метод припасовывания «граничных значений». Приближенное исследование автоколебаний. Метод эквивалентной линеаризации. Метод гармонического баланса.

**Темы лекций:**

1. Основные типы нелинейных систем, их характеристики. Изображение движений в фазовой плоскости.
2. Синтез оптимальных систем. Минимизация дисперсной ошибки. Порядок синтеза оптимальной системы. Предельная динамическая точность систем регулирования.
3. Системы с дополнительными информационными каналами. Каскадные системы регулирования. Системы с компенсацией возмущений.
4. Импульсные системы автоматического управления.

**Темы практических занятий:**

1. Автоматические системы регулирования при случайных воздействиях.
2. Системы с дополнительными информационными каналами. Системы с компенсацией возмущений.
3. Нелинейные системы. Метод гармонического баланса.
4. Импульсные системы.

**Названия лабораторных работ:**

1. Исследование свойств нелинейной АСР на основе трехпозиционного реле.
2. Исследование свойств нелинейной АСР на основе двухпозиционного реле с зоной возврата.
3. Исследование свойств нелинейной АСР с зоной нечувствительности.
4. Исследование свойств нелинейной АСР на основе трехпозиционного реле с зоной нечувствительности и зоной возврата.

## Курсовой проект

Тема проекта: «Расчет одноконтурной системы автоматического регулирования»

Расчетно-пояснительная записка содержит:

1. Постановка задачи. Исходные данные.
2. Расчет и построение границы заданного запаса устойчивости АСР.
3. Определение оптимальных параметров настройки регулятора.
4. Расчет, построение и оценка качества переходного процесса в замкнутой АСР при возмущении, идущем по каналу регулирующего воздействия.

### 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;
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- Подготовка к лабораторным работам и практическим занятиям;
- Выполнение курсового проекта;
- Анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;
- Подготовка к зачету, экзамену, защита лабораторных и практических работ.

### 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

#### 6.1. Учебно-методическое обеспечение

##### Основная литература

1. Теория автоматического управления учебник для вузов: в 2 ч.: / под ред. А. А. Воронова. – 3-е изд., стер. – Екатеринбург: АТП, Ч. 1: Теория линейных систем автоматического управления. – 2015. – 367 с.  
(<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU/TPU/book/321916>)
2. Теория автоматического управления учебник для вузов: в 2 ч.: / под ред. А. А. Воронова. – 3-е изд., стер. – Екатеринбург: АТП, Ч. 2: Теория нелинейных и специальных систем автоматического управления. – 2015. – 504 с.  
(<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU/TPU/book/321854>)
3. Ротач В.Я. Теория автоматического управления: учебник для студентов вузов / В. Я. Ротач. — 5-е изд., перераб. и доп. – Москва: Изд-во МЭИ, 2008. – 394 с.  
(<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU/TPU/book/252368>)
4. Певзнер Л.Д. Теория систем управления [Электронный ресурс]. – 2-е изд., испр. и доп. – Санкт-Петербург: Лань, 2013. – 424 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/68469> для авторизованных пользователей.

##### Дополнительная литература

1. 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.  
(<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU/TPU/book/252368>)
2. Певзнер Л.Д. Теория систем управления. Учебное пособие. 2-е изд., испр., доп. СПб.: Лань, 2013. – 424 с. – Схема доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=68469](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=68469)

3. Кулаков Г.Т. Теория автоматического управления теплоэнергетическими процессами: учебное пособие [Электронный ресурс] / Кулаков Г. Т., Кулаков А. Т., Кравченко В. В., Кухоренко А. Н.; Артёменко К.И., Ковриго Ю.М., Голилко И.М., Баган Т.Г., Бунке А.С. – Минск: Вышэйшая школа, 2017. – 238 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/97303> для авторизованных пользователей.
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. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2016. – 464 с.  
(<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU/TPU/book/337779>)
5. Ким Д.П. Теория автоматического управления: учебник и практикум для академического бакалавриата [Электронный ресурс]. – Москва: Юрайт, 2015. – Электронная копия печатного издания. – Доступ из корпоративной сети ТПУ: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2015/FN/fn-92.pdf>.

## 6.2. Информационное и программное обеспечение

Internet-ресурсы (в т.ч. в среде LMS MOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

1. Elibrary.ru: научная электронная библиотека [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.elibrary.ru>, свободный. – Загл. с экрана.
2. База данных нормативных документов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://kodeks.lib.tpu.ru/docs/> в сети ТПУ свободный. – Загл. с экрана.
3. Scopus.com – крупнейшая единая база данных, содержащая аннотации и информацию о цитируемости рецензируемой научной литературы, со встроенными инструментами отслеживания, анализа и визуализации данных. Режим доступа: <http://www.scopus.com>, свободный. – Загл. с экрана.
4. Web of Science – поисковая интернет-платформа, объединяющая реферативные базы данных публикаций в научных журналах и патентов. Режим доступа: <http://webofknowledge.com>, свободный. – Загл. с экрана.
5. Gpntb.ru: Государственная публичная научно-техническая библиотека России [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.gpntb.ru/> свободный. – Загл. с экрана.
6. Iprbookshop.ru: Электронно-библиотечная система [Электронный ресурс]: <http://www.iprbookshop.ru/> в сети ТПУ свободный. – Загл. с экрана.
7. Журнал «Automatica». Издательство Elsevier. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.journals.elsevier.com/automatica> свободный. – Загл. с экрана.
8. Журнал «Автоматизация в промышленности». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.avtprom.ru> свободный. – Загл. с экрана.
9. 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**): WinDjView; 7-Zip; Adobe Acrobat Reader DC; Adobe Flash Player; AkelPad; Dassault Systemes SOLIDWORKS 2020 Education; Google Chrome; MathWorks MATLAB Full Suite R2017b; Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic; Mozilla Firefox ESR; PTC Mathcad 15 Academic Floating; Tracker Software PDF-XChange Viewer.

## 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 (учебная лаборатория) 634034 Томская область, г. Томск, пр. Ленина, д. 30а, учебный корпус № 4, аудитория 219	Комплект оборудования для проведения лекционных занятий: – компьютер - 3 шт.; – принтер - 2 шт.; – проектор - 1 шт.; – телевизор - 1 шт.
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс) 634034 Томская область, г. Томск, пр. Ленина, д. 30а, учебный корпус № 4, аудитория 28	Комплект оборудования для проведения лабораторных работ по дисциплине: – компьютер - 13 шт.; – принтер - 4 шт.

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника / Инженерия теплоэнергетики и теплотехники / специализация «Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике и теплотехнике» (приема 2020 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность	Подпись	ФИО
Профессор НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ, д.ф.-м.н., профессор		П.А. Стрижак
Доцент ИШФВП, к.ф.-м.н.		К.Ю. Вершинина

Программа одобрена на заседании НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ (протокол от « 04 » июня 2020 г. № 43 ).

Заведующий кафедрой –  
руководитель НОЦ И.Н. Бутакова  
на правах кафедры,  
д.т.н, профессор

 /А.С. Заворин/  
подпись