

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ЭНИН  
Боровиков Ю.С.  
«29» 05 2013 г.

**БАЗОВАЯ РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ПРИНЦИПЫ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ  
ПРОЦЕССАМИ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ, ТЕПЛОТЕХНИКЕ И ТЕПЛОТЕХНОЛОГИИ**

Направление ООП: **140100 Теплоэнергетика и теплотехника**

Степень: **магистр**

Базовый учебный план приема: **2013 г.**

Курс **1**, семестр **2**

Количество кредитов: **3**

Код дисциплины: **М2.Б3**

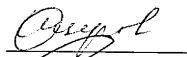
Виды учебной деятельности	Временной ресурс по очной форме обучения
Лекции, ч.	8
Практические занятия, ч.	24
Лабораторные занятия, ч.	–
Аудиторные занятия, ч.	32
Самостоятельная работа, ч.	76
ИТОГО, ч.	108

Вид промежуточной аттестации: **экз., диф.зач., кр.**

Обеспечивающее подразделение: **Энергетический институт, кафедра автоматизации теплоэнергетических процессов**


ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ: кафедра АТП ЭНИН ТПУ

ЗАВЕДУЮЩИЙ КАФЕДРОЙ АТП, к.т.н., доцент



И. П. Озерова

РУКОВОДИТЕЛЬ ООП, д.т.н., профессор



В.В. Литвак

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ, к.т.н., доцент



В.С. Андык

2013 г.

## 1. Цели освоения дисциплины

Цель изучения дисциплины «Принципы эффективного управления технологическими процессами в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологии» заключается в формировании у студентов знаний и умений анализа и оптимизации систем автоматического регулирования и управления технологическими процессами в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологии.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к профессиональной части ПЦ.Б.4.0 базовой части ПЦ.Б ООП.

Пререквизитами дисциплины «Принципы эффективного управления технологическими процессами в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологии» является дисциплина «Управление, сертификация и инноватика».

Кореквизиты отсутствуют.

## 3. Результаты освоения дисциплины

В результате изучения дисциплины студент должен

### Знать:

- основные принципы и концепции построения систем автоматического регулирования и управления на ТЭС;
- математический аппарат теории автоматического управления;
- методы анализа и синтеза систем автоматического регулирования и управления;
- основные проблемы и перспективы развития систем автоматического управления в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологии.

### Уметь:

- составлять математическое описание автоматических систем регулирования и управления;
- осуществлять анализ устойчивости и качества автоматических систем регулирования и управления;
- обосновано выбирать структуры и схемы систем автоматического регулирования и управления, осуществлять параметрическую оптимизацию регулирующих устройств;
- применять законы и алгоритмы оптимального управления теплоэнергетическими объектами.

### Владеть опытом:

- составления математического описания автоматических систем регулирования и управления;
- анализа устойчивости и качества автоматических систем регулирования и управления;
- выбора структур и схем систем автоматического регулирования и управления, параметрической оптимизации регулирующих устройств.

В процессе освоения дисциплины у студентов развиваются следующие компетенции

## **1. Универсальные:**

- способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения;
- способность к письменной и устной коммуникации на государственном языке: умению логически верно, ясно строить устную и письменную речь;
- способность в условиях развития науки и изменяющейся социальной практики к переоценке накопленного опыта, анализу своих возможностей;
- готовность приобретать новые знания, использовать средства и технологии обучения;
- готовность к самостоятельной, индивидуальной работе, принятию решений в рамках своей профессиональной компетенции.

## **2. Профессиональные:**

- способность и готовность применять современные технические средства при анализе и синтезе систем автоматического управления;
- способность демонстрировать базовые знания и готовность использовать основные законы в профессиональной деятельности; применять методы системного анализа, теоретического и экспериментального исследования;
- готовность выявить сущность проблемы, возникающей в ходе профессиональной деятельности, и способность привлечь для ее решения математический аппарат.

## **4. Структура и содержание дисциплины**

### **Содержание разделов дисциплины**

#### **4.1. Содержание теоретического раздела дисциплины (8 час.)**

4.1.1. Основные понятия и определения. Организация управления технологическими процессами на ТЭС (1 час.)

Понятие управления, цели управления, критерии качества управления, объекта управления, автоматической системы управления. Автоматическое регулирование. Классификация систем автоматического регулирования (АСР), элементы АСР. Организация управления технологическими процессами на ТЭС.

4.1.2. Автоматическое регулирование технологических процессов барабанных парогенераторов (2 час.)

Основные требования к системе регулирования. Автоматическое регулирование питания барабанного парогенератора водой. Свойства барабанного парогенератора как объекта регулирования питания. Принципиальные и структурные схемы систем регулирования.

4.1.3. Автоматическое регулирование тепловой нагрузки и процесса горения в топке барабанного парогенератора (2 час.)

Основные требования к системе регулирования. Принципиальные схемы регулирования тепловой нагрузки. Регулирование экономичности процесса горения. Регулирование разрежения.

4.1.4. Автоматическое регулирование температуры перегретого пара (1 час.)

Основные требования к системе регулирования. Методы воздействия на температуру перегретого пара. Принципиальные и структурные схемы систем регулирования.

#### 4.1.5. Автоматическое регулирование прямоточных парогенераторов (2 час.)

Автоматическое регулирование тепловой нагрузки и процесса горения. Регулирование экономичности процесса горения. Регулирование разрежения. Автоматическое регулирование температуры перегретого пара

#### 4.2. Содержание раздела практических занятий по дисциплине (24 час.)

Таблица 1

№	Тема практического занятия	Содержание	Час
1	Математическое описание элементов систем автоматического управления.	Определение математического описания заданных элементов систем управления в виде дифференциальных уравнений	2
2	Временные характеристики систем.	Определение переходных характеристик систем по их дифференциальным уравнениям	2
3	Линеаризация дифференциальных уравнений систем автоматического управления	Линеаризация дифференциальных уравнений с помощью разложения в ряд Тейлора	2
4	Передаточные функции и частотные характеристики звеньев и систем	Определение передаточной функции системы по ее дифференциальному уравнению, расчет частотных характеристик	2
5	Исследование устойчивости систем с помощью критериев Рауса, Гурвица	Исследование на устойчивость систем автоматического управления с помощью алгебраических критериев	2
6	Исследование устойчивости систем с помощью критерия Михайлова	Исследование на устойчивость систем автоматического управления с помощью частотных критериев	2
7	Исследование устойчивости систем с помощью критерия Найквиста	Исследование на устойчивость систем автоматического управления с помощью частотных критериев	2
8	Построение переходных процессов в линейных системах автоматического управления.	Расчет и построение переходных процессов методом трапеций	2
9	Параметрический синтез линейных систем регулирования корневым методом РАФЧХ	Расчет параметров настройки регуляторов с типовыми законами регулирования корневым методом	4
10	Параметрический синтез линейных систем регулирования методом В.Я. Ротача	Расчет параметров настройки регуляторов с оценкой запаса устойчивости по максимуму АЧХ	4
Итого			24

## 4.3. КУРСОВАЯ РАБОТА

### Тема работы

«Расчет одноконтурной системы автоматического регулирования».

Содержание работы

Расчетно-пояснительная записка

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

*Структура дисциплины по разделам и формам организации обучения*

Таблица 2

Наименование раздела/темы	Аудиторная работа (час)			СРС (час)	Контр. р.	Итого
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			
1. Основные понятия и определения. Организация управления технологическими процессами на ТЭС	1	4	-	4	-	9
2. Автоматическое регулирование технологических процессов барабанных парогенераторов	2	8	-	16	-	26
3. Автоматическое регулирование тепловой нагрузки и процесса горения в топке барабанного парогенератора	2	4	-	10	-	16
4. Автоматическое регулирование температуры перегретого пара	1	4	-	10	-	15
5. Автоматическое регулирование прямоточных парогенераторов	2	4	-	6	-	12
КР				30		30
Итого	8	24	-	76	-	108

### 4.4. Распределение компетенций по разделам дисциплины

Распределение по разделам дисциплины планируемых результатов обучения по основной образовательной программе, формируемых в рамках данной дисциплины и указанных в пункте 3.

*Распределение по разделам дисциплины планируемых результатов обучения*

Таблица 3

№	Формируемые компетенции	Разделы дисциплины				
		1	2	3	4	5
1	3.1.1	+	+	+	+	+

2	3.1.2		+	+	+	+
---	-------	--	---	---	---	---

Таблица 3. Продолжение

№	Формируемые компетенции	Разделы дисциплины				
		1	2	3	4	5
3	3.1.3					+
4	3.1.4	+				
5	У.1.1		+			
6	У.1.2			+	+	
7	У.1.3					+
8	У.1.4					+
9	В.1.1		+			
10	В.1.2			+	+	
11	В.1.3					+

## 5. Образовательные технологии

Сочетания методов и форм организации обучения по дисциплине отражены в таблице 4.

Таблица 4

*Сочетания методов и форм организации обучения по дисциплине*

Методы	ФОО	Лекции	Практич. занятия	СРС
IT-методы			+	+
Работа в команде			+	
Методы проблемного обучения				+
Обучение на основе опыта		+	+	
Опережающая самостоятельная работа				+
Проектный метод				+
Поисковый метод				+
Исследовательский метод			+	

## 6. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

### 6.1. Текущая самостоятельная работа студентов включает следующие виды:

- работа с лекционным материалом;
- подготовка к практическим занятиям;
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- опережающая самостоятельная работа;
- подготовка к экзамену;
- выполнение курсовой работы.

Творческая проблемно-ориентированная самостоятельная работа (ТСР) по дисциплине включает поиск и анализ необходимой информации, анализ статистических и фактических материалов по заданной теме.

### 6.2. Содержание самостоятельной работы студентов по дисциплине

На самостоятельную работу студентов выносятся следующие темы:

- элементарные звенья и их характеристики;

- соединение звеньев;
- принцип аргумента;
- устойчивость систем с запаздыванием.

### **6.3. Контроль самостоятельной работы**

Оценка результатов самостоятельной работы студентов производится в форме самоконтроля и контроля со стороны преподавателя.

## **7. Средства текущей и итоговой оценки качества освоения дисциплины**

### *Перечень вопросов текущего контроля*

1. Классификация систем автоматического регулирования (АСР).
2. Понятие математической модели объекта управления.
3. Уравнения динамики и статики. Линеаризация.
4. Основные свойства преобразования Лапласа.
5. Формы записи дифференциальных уравнений.
6. Передаточные функции.
7. Частотные характеристики.
8. Временные характеристики.
9. Элементарные звенья и их характеристики.
10. Структурные схемы, уравнения и частотные характеристики стационарных линейных систем.
11. Понятие устойчивости.
12. Условия устойчивости систем автоматического управления.
13. Алгебраические критерии устойчивости.
14. Частотные критерии устойчивости.
15. Оценка качества переходного процесса при воздействии в виде ступенчатой функции.
16. Оценка качества регулирования при гармонических воздействиях.
17. Оценка качества регулирования в установившихся режимах (коэффициенты ошибок).
18. Корневые методы оценки качества переходных процессов.
19. Частотные методы оценки качества регулирования.
20. Динамические свойства промышленных объектов регулирования.
21. Типовые линейные законы регулирования.
22. О постановке и решении задач параметрического синтеза.
23. Синтез АСР с помощью корневых оценок качества регулирования.
24. Частотные методы синтеза АСР.
25. Параметрический синтез АСР при заданном показателе колебательности.

### *Перечень вопросов итогового контроля*

1. Уравнения динамики и статики систем автоматического управления. Линеаризация.
2. Критерий устойчивости Гурвица.
3. Линеаризация дифференциальных уравнений систем.
4. Фундаментальные принципы управления.
5. Критерий устойчивости Гурвица.
6. Прямые оценки (критерии) качества переходных процессов.
7. Основные свойства преобразования Лапласа.
8. Критерий устойчивости Найквиста.
9. Критерий устойчивости Михайлова.
10. Структурные преобразования систем (перенос узлов и сумматоров).

11. Частотные и временные характеристики систем управления.
12. Определение переходных процессов в АСР путем решения дифференциальных уравнений.
13. Прямые критерии качества переходных процессов.
14. Принцип аргумента.
15. Соединения звеньев.
16. Интегральные оценки качества переходных процессов.
17. Передаточные функции.
18. Понятие об устойчивости. Необходимое и достаточное условие устойчивости.
19. Определение переходного процесса по ВЧХ системы.
20. Частотные характеристики (основные понятия).
21. Оценка запасов устойчивости по модулю и по фазе.
22. Интегрирующее звено и его характеристики.
23. Структурные преобразования систем.
24. Метод трапеций.
25. Временные характеристики систем. Уравнение свертки.
26. Прямые оценки качества переходных процессов.
27. Параметрический синтез АСР на основе корневых оценок качества регулирования.
28. Параметрический синтез АСР, обеспечивающий заданный показатель колебательности (метод В.Я. Ротача).
29. Построение областей заданных значений показателя колебательности в плоскости АФЧХ разомкнутой системы.
30. Корневые оценки качества систем регулирования.
31. Частотные оценки качества систем регулирования.
32. Диаграмма равных значений АЧХ замкнутой системы в плоскости АФЧХ разомкнутой системы.
33. Корневой метод параметрического синтеза систем регулирования (на основе РАФЧХ).
34. Организация управления технологическими процессами на ТЭС.
35. Автоматическое регулирование технологических процессов барабанных парогенераторов.
36. Свойства барабанного парогенератора как объекта регулирования питания.
37. Принципиальные и структурные схемы систем регулирования питания.
38. Автоматическое регулирование тепловой нагрузки и процесса горения в топке барабанного парогенератора.
39. Регулирование экономичности процесса горения.
40. Регулирование разрежения.
41. Автоматическое регулирование температуры перегретого пара.
42. Автоматическое регулирование прямоточных парогенераторов.

## **8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### *Основная литература*

1. Певзнер Л.Д. Теория систем управления. Учебное пособие. 2-е изд., испр., доп. СПб.: Лань, 2014.– 424 с.
2. Первозванский А.А. Курс теории автоматического управления. 2-е изд. СПб.: Лань, 2010.– 624 с.

### *Дополнительная литература*

1. Коновалов Б.И., Лебедев Ю.М. Теория автоматического управления. 3-е изд. СПб.: Лань, 2010.– 224 с.
2. Гайдук А.Р., Беляев В.Е., Пьявченко Т.А. Теория автоматического управления в примерах и задачах с решениями в MATLAB. 2-е изд. СПб.: Лань, 2011.– 464 с.



5. Ротач В.Я. Расчет динамики промышленных автоматических систем регулирования. М.: Энергия, 1973.– 440с.
6. Стефани Е.П. Основы расчета настройки регуляторов теплоэнергетических процессов. Изд. 2-е, перераб. - М.: Энергия, 1972. - 376 с.
7. Плетнев Г.П. Автоматизированное управление объектами тепловых электростанций: Учебное пособие для ВУЗов.- М.: Энергоиздат, 1981.- 368 с.
8. Клюев А.С., Товарнов А.Г. Наладка систем автоматического регулирования котлоагрегатов.- М.: Энергия, 1970 - 280 с.
9. Плетников С.Д., Силуянов Б.Д. Автоматизация технологических процессов тепловых электростанций//Под ред. А.С. Клюева.- М.: Фирма «Испо-Сервис», 2001.- 156 с. ил.

### **Перечень методических указаний и пособий**

1. Андык В.С. Лабораторный практикум по дисциплине «Теория автоматического управления» для студентов специальности 210200. Томск, изд. ТПУ, 2013.
2. Андык В.С. Теория автоматического управления. Учебное пособие.– Томск: Изд-во ТПУ, 2013.– 109 с.

Internet–ресурсы (в т.ч. Перечень мировых библиотечных ресурсов):

1. Научная электронная библиотека eLibrary.ru [Электронный ресурс]. Режим доступа: [elibrary.ru](http://elibrary.ru), свободный. – Загл. с экрана.
2. Библиографическая и реферативная база данных Scopus [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.scopus.com/>, свободный. – Загл. с экрана.
3. Реферативная база научных публикаций Web of Science [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://apps.webofknowledge.com/WOS\\_GeneralSearch\\_input.do?product=WOS&SID=W2H5mTQbBncz1b38pix&search\\_mode=GeneralSearch](http://apps.webofknowledge.com/WOS_GeneralSearch_input.do?product=WOS&SID=W2H5mTQbBncz1b38pix&search_mode=GeneralSearch), свободный. – Загл. с экрана.
4. Дискуссионный клуб специалистов АСУ ТП [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://asutpforum.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.
5. Автоматизация в промышленности [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.avtprom.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.
6. Автоматизация и современные технологии [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.mashin.ru/eshop/journals/avtomatizaciya\\_i\\_sovremennye\\_tehnologii/](http://www.mashin.ru/eshop/journals/avtomatizaciya_i_sovremennye_tehnologii/), свободный. – Загл. с экрана.
7. Автоматизация процессов управления [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://apu.npomars.com/ru/>, свободный. – Загл. с экрана.
8. Промышленные АСУ и контроллеры [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://asu.tgizd.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.
9. Современные технологии автоматизации [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.cta.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.

Используемое программное обеспечение:

1. MATLAB R2008;
2. MATHCAD;
3. TAULAB;
4. MBTU;
5. Microsoft Office.

## 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

№ п/п	Наименование (компьютерные классы, учебные лаборатории, оборудование)	Корпус, ауд., количество установок
1	Класс ПЭВМ, укомплектован компьютерами Intel Celeron 440	Ауд. 28, 4 уч. корпус ТПУ, 10 шт.
2	Класс ПЭВМ, укомплектован компьютерами Simatic	Ауд. 111, 4 уч. корпус ТПУ, 8 шт.

Программа составлена на основе Стандарта ООП ТПУ в соответствии с требованиями ФГОС по направлению 140100 Теплоэнергетика и теплотехника

Программа одобрена на заседании кафедры АТП ЭНИН ТПУ  
(протокол № 24 от «28» 05 2013 г.

Автор



доцент Андык В.С.

Рецензент

доцент Медведев В.В.