



Министерство образования Российской Федерации  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета: ТЭ  
\_\_\_\_\_ Кузнецов Г.В.  
« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2009 года

## АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕПЛО- И ПАРОГЕНЕРИРУЮЩИХ УСТАНОВОК

Рабочая программа для направления 651200 – Энергомашиностроение,  
специальности 101300 – Котло- и реакторостроение

Факультет Теплоэнергетический  
Обеспечивающая кафедра Автоматизация теплоэнергетических процессов  
Курс пятый  
Семестр девятый  
Учебный план набора 2005 года с изменениями \_\_\_\_\_ года

### Распределение учебного времени

|   |            |              |
|---|------------|--------------|
| Лекции                                    | 36         | часа (ауд.)  |
| Лабораторные работы                       | 18         | часов (ауд.) |
| <b>Всего аудиторных занятий</b>           | <b>54</b>  | <b>часов</b> |
| Самостоятельная (внеаудиторная)<br>работа | 54         | часов        |
| <b>Общая трудоемкость</b>                 | <b>108</b> | <b>часов</b> |

Экзамен в девятом семестре

2009



## Предисловие

1. Рабочая программа составлена на основе ГОС по направлению 651200 – Энергомашиностроение по специальности 220301 – Котло- и реакторостроение, утвержденного Министерством Образования Российской Федерации 27.03.2001 г., регистрационный номер 514 тех/дс.

РАССМОТРЕНА и ОДОБРЕНА на заседании обеспечивающей кафедры АТП  
« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2009 года, протокол № \_\_\_\_\_.

2. Разработчик

доцент кафедры АТП

\_\_\_\_\_

Е.А. Маслов

3. Зав. обеспечивающей кафедрой АТП

\_\_\_\_\_

В. С. Андык

4. Рабочая программа СОГЛАСОВАНА с факультетом, выпускающей кафедрой специальности; СООТВЕТСТВУЕТ действующему учебному плану.

5. Зав. выпускающей кафедрой ПГС И ПГУ

\_\_\_\_\_

А.С. Заворин



## Аннотация

Данная рабочая программа (РП) определяет объем, содержание, порядок изучения и преподавания дисциплины "Автоматическое регулирование тепло- и парогенерирующих установок", а также способы контроля результатов ее усвоения по специальности 101300 - Котло - и реакторостроение (КиРС). Составлена на основе Государственного образовательного стандарта и профессиональной образовательной программы ТПУ по специальности 101300 - КиРС. Структура, содержание и оформление программы соответствует стандарту Томского политехнического университета СПб ТПУ 2.4.01-02. "Система образовательных стандартов. Рабочая программа учебной дисциплины. Общие требования к содержанию и оформлению".

### 1 Цели и задачи учебной дисциплины

#### 1.1 Цели преподавания дисциплины

Цель изучения дисциплины заключается в формировании у студентов знаний и умений, анализа и синтеза систем автоматического регулирования (САР) и управления (САУ), в том числе логического управления, и принципов построения защит технологического процесса, а также формирование знания принципов и методов построения систем регулирования технологическими процессами на основе современных технических средств автоматизации, включая микропроцессорную технику.

В результате изучения данной дисциплины студент должен знать:

- сущность проблем автоматического регулирования и управления;
- основные принципы построения САУ;
- математический аппарат теории автоматического управления;
- типовые законы регулирования;
- методы анализа и синтеза САУ;
- условия и критерии устойчивости САУ.
- принципы расчета и построения переходных процессов в САУ;
- характеристику котлоагрегата как объекта автоматического регулирования;
- основные схемы автоматического регулирования технологических параметров в котлоагрегате;
- характеристику и схемы автоматического регулирования, а также режимы работы энергоблока;
- схемы регулирования вспомогательного оборудования тепло- и парогенерирующих установок.



В результате получения практических навыков по данной дисциплине студент должен уметь:

- составлять математическое описание автоматических систем регулирования;
- осуществлять анализ устойчивости и качества автоматических систем регулирования;
- производить расчет оптимальных параметров настройки регулятора;
- обосновано выбирать структуру и схему автоматического регулирования технологических параметров тепло- и парогенерирующих установок.

## 1.2 Задачи изложения и изучения дисциплины

Теоретический материал по дисциплине преподается в часы лекций, а также предусмотрено самостоятельное изучение студентом определенной части теоретического материала. Неотъемлемым способом изучения дисциплины является выполнение студентом лабораторных работ, на которых закрепляются полученные теоретические знания.

## 2 Содержание теоретического раздела дисциплины (36 час.)

### 2.1 Теория автоматического управления (16 час.)

#### 2.1.1 Основные понятия теории автоматического управления (2 час.)

Автоматизация, ее цели и значение для развития современной теплоэнергетики и промышленного производства. Понятие управления, цели управления, критериев качества управления, объекта управления, автоматической системы управления. Автоматический контроль и регулирование технологических параметров. Классификация систем автоматического регулирования (АСР), элементы АСР. Задачи исследования систем управления и автоматического регулирования.

#### 2.1.2 Математический аппарат исследования систем автоматического управления (6 час.)

Понятие математической модели объекта управления. Уравнения динамики и статики. Основные свойства преобразования Лапласа. Формы записи дифференциальных уравнений. Передаточные функции. Частотные и временные характеристики. Элементарные звенья и их характеристики. Структурные схемы. Правила преобразования структурных схем при различных соединениях звеньев. Уравнения и частотные характеристики линейных систем. Типовые законы регулирования и их характеристики.



### 2.1.3 Устойчивость линейных систем автоматического управления (2 час.)

Понятие устойчивости. Условия устойчивости линейных систем автоматического управления. Теоремы устойчивости Ляпунова. Алгебраические (критерий Рауса, критерий Гурвица) и частотные (критерий Найквиста, критерий Михайлова) критерии устойчивости. Запас устойчивости. Устойчивость систем с запаздыванием.

### 2.1.4 Построение переходного процесса и методы оценки качества регулирования линейных систем (2 час.)

Построение переходного процесса по вещественной частотной характеристике замкнутой системы. Показатели качества процесса регулирования. Оценка качества переходного процесса при воздействии ступенчатой функции и при гармонических воздействиях. Корневые и частотные методы оценки качества регулирования. Интегральные оценки качества переходных процессов. Обеспечение заданного качества процесса управления.

### 2.1.5 Коррекция динамических свойств и синтез линейных систем (2 час.)

Формирование законов регулирования в автоматических регуляторах. Выбор типа регулятора. Расчет оптимальных параметров настройки автоматических регуляторов. Метод расчета оптимальных параметров настройки (ОПН) регулятора по расширенной амплитудно-фазовой частотной характеристике (РАФЧХ) объекта. Методы коррекции автоматических систем.

### 2.1.6 Нелинейные системы автоматического управления (2 час.)

Основные типы нелинейных систем, их характеристики. Методы исследования нелинейных систем. Абсолютная устойчивость нелинейных систем. Формирование релейно-импульсных законов управления.

## 2.2 Автоматическое регулирование и управление тепло- и парогенерирующих установок (20 час.)

### 2.2.1 Локальные системы автоматического регулирования барабанного парового котла (8 час.)

Автоматическое управление барабанным котельным агрегатом. Барабанный паровой котел как объект регулирования. Динамические характеристики участка



регулирования питания и задачи АСР питания. Схемы АСР питания барабанного котельного агрегата. Задачи регулирования процесса горения и парообразования. Динамические характеристики участка регулирования процесса горения и парообразования. Способы, схемы регулирования подачи топлива. АСР расхода общего воздуха. АСР разряжения. Задачи регулирования температуры перегретого пара, характеристика участка регулирования. Способы регулирования первичного и вторичного пара. АСР температуры перегретого пара. Регулирование непрерывной продувки и расхода корректирующих добавок котловой воды.

#### 2.2.2 Локальные системы автоматического регулирования прямоточного парового котла (8 час.)

Автоматическое регулирование прямоточных котлов. Прямоточный паровой котел как объект управления. Динамические характеристики участков регулирования. Регулирование температурного режима первичного тракта и тепловой нагрузки. Регулирование экономичности процесса горения прямоточного котла. Регулирование температуры первичного и вторичного пара.

#### 2.2.3 Автоматизация энергетических блоков (2 час.)

Характеристики объектов и способы регулирования. Режимы работы энергоблоков и системы регулирования. Регулирование активной мощности группы энергоблоков. Особенности автоматизации пусковых режимов энергоблоков.

#### 2.2.4 Автоматизация вспомогательных процессов и установок (2 час.)

Автоматизация загрузки бункеров сырого угля и транспортировки топлива по тракту топливоподачи. АСР пылесистем с шаровыми барабанными мельницами. АСР регулирования молотковой мельницы. Автоматизация установок подготовки мазута. Автоматизация газораспределительных станций.

#### 2.2.5 Автоматические защиты тепло- и парогенерирующих установок (2 час.)

Назначение автоматических защит. Логические элементы защит. Обеспечение надежности действия тепловых защит. Автоматические защиты барабанного котла. Автоматические защиты прямоточного котла. Автоматические защиты турбины. Общеблочные автоматические защиты.



## 2.2.6 Техническая реализация локальных АСР (2 час.)

Типы и технические характеристики регулирующих функциональных блоков. Вспомогательные устройства, используемые в системах автоматического регулирования, пусковые устройства, исполнительные устройства. Примеры технической реализации АСР на приборах «АКЭСР», «Протар», «Ремиконт». Разработка функциональной системы контроля и автоматического регулирования.

## 3 Содержание практического раздела дисциплины

### 3.1 Тематика лабораторных работ (18 час.)

1. Исследование частотных характеристик систем (2 час.).
2. Исследование устойчивости систем регулирования во временной области и в плоскости корней характеристического уравнения (2 час.).
3. Переходные процессы в системах автоматического управления (3 час.).
4. Определение ОПН регулятора методом РАФЧХ (2 час.).
5. Исполнительные механизмы промышленной автоматики (3 час.).
6. Исследование АСР релейного типа (3 час.).
7. Изучение принципа действия блоков системы «АКЭСР» (3 час.).

При выполнении практических работ каждый студент оформляет отчет, в котором указываются цели работы, таблицы численных результатов, вычисления, основные выводы.

## 4 Программа самостоятельной познавательной деятельности

Для достижения целей при совместной и индивидуальной познавательной деятельности студентов в части овладения теоретическими знаниями и практическими умениями используется полный набор методического материала: лекции, методические указания к лабораторным работам и другие методические разработки кафедры.

Самостоятельная (внеаудиторная) работа студентов состоит в проработке лекционного материала и подготовке к лабораторным работам. Она составляет 54 часа и включает следующие пункты:

- проработка теоретического материала по учебникам и конспектам (36 час.);
- подготовка к лабораторным занятиям (18 час.).

## 5 Текущий и итоговый контроль результатов изучения дисциплины

Для текущего контроля при изучении дисциплины «Автоматическое регулирование тепло- и парогенерирующих установок» используется рейтинговая система оценки знаний студентов. В течение семестра студент может набрать 1000 баллов: 800 баллов в течение семестра и до 200 баллов - на экзамене.



Принятая рейтинговая система по дисциплине учитывает посещаемость лекций (РПЛ) и выполнение лабораторных работ (РЛР). Таким образом, семестровый рейтинг студента  $РС = РПЛ + РЛР$ .

За посещение лекций начисляется 10 баллов за каждый академический час. При посещении всех лекций в семестре студент получает 450 баллов.

За каждую лабораторную работу студент может получить 50 баллов, в том числе за выполнение работы – 15 баллов, за выполнение отчета по ней – 10 баллов и за успешную защиту – до 25 баллов. Таким образом, за лабораторный практикум в семестре (7 лабораторных работ) студент может получить 350 баллов. При несвоевременном выполнении лабораторных работ по неуважительной причине их рейтинговая оценка снижается.

Студент допускается к сдаче экзамена при условии, что он выполнил и защитил все лабораторные работы и набрал в течение семестра не менее 450 баллов.

Форма экзамена (по билетам или без них, устно или письменно) устанавливается лектором и сообщается студентам минимум за неделю до экзамена. Максимальное количество баллов, которые студент может получить на экзамене 200. Экзамен считается сданным, если студент получил на нем не менее 100 баллов. При меньшем количестве набранных на экзамене баллов положительная оценка по дисциплине не выставляется.

Итоговая оценка за работу студента в семестре по дисциплине определяется по общему количеству набранных им баллов в семестре и на экзамене. При этом, если рейтинговая оценка по дисциплине

|                      |                 |                    |
|----------------------|-----------------|--------------------|
| более 850 баллов     | ставится оценка | ОТЛИЧНО;           |
| от 700 до 850 баллов | ставится оценка | ХОРОШО;            |
| от 550 до 700 баллов | ставится оценка | УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО. |

## 6 Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература:

1. Теория автоматического управления. 4.1. Под ред. А.А. Воронова. Учебное пособие. -М.: Высшая школа, 1986 г.
2. Теория автоматического управления. 4.2. Под ред. А.А. Воронова. Учебное пособие. -М.: Высшая школа, 1986 г.
3. Плетников СБ., Силюянов Д.Б. Автоматизация технологических процессов тепловых электростанций. - М.: Испо - Сервис, 2001. - 156 с.
4. Плетнев Г.П. Автоматизированное управление объектами ТЭС. Учебное пособие. -М.: Энергоиздат, 1981 г.





5. Андык В.С. Лабораторный практикум по дисциплине ТАУ для студентов спец. 210200, Томск, изд. ТПУ, 1998 г.
6. Плетнев Г.П. Автоматическое управление и защита теплоэнергетических установок электростанций. Учебное пособие. - М.: Энергоатомиздат, 1986 г.

Дополнительная литература:

1. Кориков А.М. Основы теории управления: Учебное пособие. 2-е изд. -Томск: НЛТ, 2002. - 392 с.
2. Автоматизация крупных тепловых электростанций/Под ред. М.П. Шальмана - М.: Энергия, 1974 г.
3. Промышленные приборы и средства автоматизации: Справочник / Под ред. В.В. Черенкова. - Л.: Машиностроение, 1987 г.

Образец экзаменационного билета

|  |   |             |
|--|---|-------------|
|  | <b>ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1</b>  |             |
|  | по дисциплине:<br><b>Автоматическое регулирование тепло-<br/>и парогенерирующих установок</b> |             |
|  | факультет: теплоэнергетический  |             |
|  | курс: пятый   |             |
|  | 1. Линеаризация уравнений динамики САУ.   |             |
|  | 2. Логические элементы защит. Обеспечение надежности действия тепловых защит.                 |             |
|  | Составил доцент   | Е.А. Маслов |
|  | Утверждаю: Зав. каф. АТП  | В.С. Андык  |