



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ**  
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
**«ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ЭЛТИ

А.П. Суржиков

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2009 г.

**КОМПЛЕКСНАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Рабочая программа дисциплины по направлению  
«Электротехника, электромеханика, электротехнологии» для подготовки маги-  
странтов по программе «Электропривод и системы управления электроприводов»

**Электротехнический институт**  
**Обеспечивающая кафедра - электропривод и электрооборудование**  
Курс пятый  
Семестр девятый  
Учебный план набора 2005 года

**Распределение учебного времени**

Лекции	– 36 часов (ауд.)
Лабораторные занятия	– 18 часов (ауд.)
Практические занятия	– 18 часов (ауд.)
Всего аудиторных занятий	– 72 часа
Самостоятельная (внеаудиторная) работа	– 108 часов
Кредитная стоимость дисциплины	– 8
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>– 180 часа</b>
Диф. зачет в девятом семестре	
Экзамен в девятом семестре	

2009



## ПРЕДИСЛОВИЕ

Рабочая программа составлена на основе:

- государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования подготовки дипломированного специалиста 140600 – Электротехника, электромеханика и электротехнологии, утвержденного 27.03.2000г. (рег. №207 техн./дс)
- образовательного стандарта ТПУ по специальности 140600 «Электропривод и системы управления электроприводов».

Программа рассмотрена и одобрена на заседании обеспечивающей кафедры «Электропривод и электрооборудование» «31» августа 2009 года, протокол № 1.

Разработчик:

профессор кафедры ЭПЭО \_\_\_\_\_

В.Г. Букреев

Зав. обеспечивающей кафедрой \_\_\_\_\_

Ю.Н. Дементьев

Рабочая программа СОГЛАСОВАНА с ЭЛТИ, выпускающими кафедрами специальностей; СООТВЕТСТВУЕТ действующему плану

Зав. выпускающей кафедрой ЭПЭО \_\_\_\_\_

Ю.Н. Дементьев

Председатель методической комиссии ЭЛТИ

по направлению «Электротехника,

электромеханика и электротехнологии» \_\_\_\_\_

А.В. Глазачев



## Аннотация

### Комплексная автоматизация технологических процессов (КАТП)

140600(м)

Каф. ЭПЭО ЭЛТИ

Профессор, д.т.н. Букреев Виктор Григорьевич

Тел. (3822) 564045, e-mail: bukreev@tpu.ru

**Цель:** формирование у студентов знаний о принципах построения систем автоматизации технологических процессов, алгоритмах оптимального управления сложными процессами и идентификации параметров технологического оборудования, а также умений по проектированию автоматизированных систем с программируемыми контроллерами.

**Содержание:** многоуровневые системы автоматизации технологических процессов, методы моделирования и анализа состояния сложного технологического оборудования с автоматизированным электроприводом, критерии оптимальности АСУ ТП, синтез алгоритмов оптимального и адаптивного управления, программные среды визуализации, управления и регулирования, элементная база и варианты технической реализации программно-аппаратных автоматизированных систем, конструктивные решения, надежность и резервирование.

Курс - 5 (9 семестр – экзамен).

Кредитная стоимость дисциплины 8.

Всего 108 ч., в т.ч.: Лк. - 36 час; Пр. - 18 час.; Лб. - 18 час.



## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Цели преподавания дисциплины

В современном промышленном производстве особое значение приобретает использование и развитие автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП). Внедрение автоматизированных систем управления в различные сферы хозяйственной деятельности способствует ускорению научно-технического прогресса. Для решения этих задач необходимо осуществлять подготовку квалифицированных специалистов, способных создавать и обслуживать современные АСУ, использующие вычислительную технику и робототехнические комплексы.

Курс «Комплексная автоматизация технологических процессов» относится к специальным дисциплинам при подготовке магистров по программе 140600 «Электропривод и системы управления электроприводов».

Теоретические и практические цели дисциплины состоят в изучении принципов построения, элементной базы автоматизированных систем управления технологическими процессами, алгоритмов оптимального управления сложными технологическим оборудованием и идентификации его параметров.

В результате изучения дисциплины студенты должны:

#### **иметь представление:**

- о связи курса с другими дисциплинами и его место в ряду прочих курсов специальности;
- о роли в подготовке студентов данной специальности;
- о современном состоянии научных дисциплин, являющихся основой для учебного курса, и перспективах их развития в будущем;
- об основных сферах применения получаемых знаний;
- о существующих подходах к рассмотрению вопросов курса.

#### **знать:**

- классификацию технологических объектов управления;
- типовые и современные структуры АСУ технологических процессов;
- методы построения оптимальных алгоритмов управления технологическим оборудованием;
- требования к автоматизированному электроприводу, как исполнительному элементу;
- программно-аппаратную реализацию систем управления.

#### **уметь**

- моделировать технологические процессы и технологическое оборудование с автоматизированным электроприводом;
- синтезировать архитектуру и структуру АСУ ТП;
- выбирать элементы типовых АСУ ТП различных производств;
- разрабатывать алгоритмы управления технологическим процессом и технологическим оборудованием;
- интерпретировать экспериментальные данные и сопоставлять их с теоретическими положениями;
- оценивать показатели качества управления;
- анализировать влияние изменений параметров, настроек системы и внешних воздействий на работу электропривода и механизма.

Дисциплина опирается на курсы «Информатика», «Теория электропривода», «Теория автоматического управления», «Элементы автоматизированного электро-



привода», «Электронная, микропроцессорная и преобразовательная техника», «Моделирование в электроприводе», «Системы управления электроприводами», «Микропроцессорные системы управления электроприводов».

## **1.2. Задачи изучения дисциплины**

Изучение дисциплины должно сформировать представление об органической связи технологии производства, технологического оборудования с автоматизированным электроприводом, алгоритмах управления, обеспечивающих формирование сигналов управления электроприводами в виде совокупности логических и вычислительных операций.

Основными задачами изучения дисциплины являются получение теоретических знаний и приобретение практических навыков расчетно-эксплуатационной и экспериментальной деятельностью, связанных с использованием современных систем автоматизированного управления технологическими процессами и оборудованием с автоматизированным электроприводом.

В программе дисциплины учтены новые тенденции в развитии специальности, обусловленные широким применением АСУ ТП и внедрением энергосберегающих технологий.

## **2. СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ – ауд. 36 часов**

### **2.1. Введение. (2 часа)**

Современное промышленное производство и роль автоматизированных систем управления технологическими процессами. Классификация промышленного производства. Описание основных технологических процессов в металлообрабатывающей промышленности, металлургии, нефтяной и газовой отраслях, химической отрасли. История развития АСУ. Назначение, основные характеристики и структуры современных АСУ ТП. Социальные и технологические аспекты автоматизации производства. Электропривод как важнейший элемент автоматизированных систем.

### **2.2. Математическое обеспечение АСУ ТП (6 часов)**

Методы построения математических моделей технологических процессов и технологического оборудования. Математические модели систем на основе передаточных функций и пространства состояний. Описание цифровых систем и законов управления разностными уравнениями. Системы с запаздыванием в управляющем канале и канале обратной связи.

### **2.3. Оптимальные и адаптивные АСУ ТП. (6 часов)**

Постановка оптимизационной задачи. Критерии оптимизации АСУ ТП. Варианты решений оптимизационной задачи. Вопросы наблюдаемости и управляемости автоматизированных систем. Методы идентификации технологических объектов управления. Алгоритмы робастного управления, самонастраивающиеся системы. Системы управления с нечеткими регуляторами и эталонными моделями.

### **2.4. Программные среды моделирования и визуализации технологических процессов и элементов АСУ. (6 часов)**

Обзор наиболее распространенных SCADA систем – Trace Mode, Genesis, MasterScada. Описание модулей SCADA системы Trace Mode: редакторы базы каналов и представления данных, исполнительные модули системы, драйверы, средства разработки операторского интерфейса и программирования контроллеров. Примеры автоматизации технологических процессов с помощью SCADA систем – Trace Mode, Genesis, MasterScada. Рассмотрение вопросов построения SCADA системы на языке



высокого уровня – Delphi. Применение среды Matlab для моделирования нижнего уровня управления АСУ.

### 2.5. Аппаратные средства АСУ ТП. (5 часов)

Информационное обеспечение АСУ ТП. Цифровые датчики и устройства связи с объектом. Интерфейсы связи между различными устройствами – RS232, RS485, MODBUS, PROFIBUS. Промышленные контроллеры. Распределенные, синхронные и асинхронные АСУ ТП. Примеры аппаратной реализации многоуровневой АСУ ТП.

### 2.6. Программные средства АСУ ТП. (5 часов)

Рассмотрение основ построения систем реального времени. Краткий обзор операционных систем реального времени. Языки программирования: Delphi, Си ++, Ассемблер. Основы построения иерархических программных систем. Декомпозиция и агрегирование АСУ ТП.

### 2.7. Варианты технической реализации АСУ ТП и их конструктивные решения. (6 часов)

Автоматизированные системы управления технологическими процессами металлообработки. Металлорежущие станки как технологический объект управления. АСУ стабилизации режимов металлообработки. Элементы систем ЧПУ. Структуры АСУ ТП робототехнических комплексов. Примеры АСУ ТП прокатного и доменного производства, в нефтяной, газовой и химической отраслях. Тенденции развития АСУ ТП и перспективы их реализации для высокотехнологичных производств.

## 3. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ

### 3.1. Тематика практических занятий – 18 часов.

№	Наименование	ауд. час.	сам. работа
1	Изучение технологии составления обзоров современных АСУ ТП. Структуры АСУ некоторых технологических процессов.	4	1
2	Схемотехнические решения и аппаратная реализация АСУ некоторых технологических процессов.	4	1
3	Особенности организации программного обеспечения верхнего и среднего уровней управления АСУ.	4	1
4	Технологии моделирования и модели некоторых технологических процессов.	6	3

### 3.2. Тематика лабораторных занятий – 18 часов.

№	Наименование	ауд. час.	защита лаб. раб. (ауд. час.)
1	Комплект средств автоматизации МСУ-4.	3,5	0,5
2	САР температуры изотермического процесса.	3,5	0,5
3	Автоматическая система дозирования сыпучих материалов.	3,5	0,5
4	Изучение цифровых электромеханических систем на базе	5,5	0,5



PCNC.

#### 4. ПРОГРАММА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ – 108 часа.

В соответствии с программой теоретических занятий студенты самостоятельно выполняют индивидуальные задания по определенным темам. Кроме того, в часы самостоятельной работы студенты осуществляют подготовку к рубежным контрольным точкам, контрольным работам и подготовку к сдаче экзамена.

Самостоятельная работа включает следующие разделы:

Изучение тем текущих лекций	– 10 часов;
Подготовка к контрольным работам	– 10 часов;
Подготовка к выполнению лабораторных работ, написание отчета и подготовка к защите	– 10 часов;
Подготовка к практическим занятиям	– 6 часов;
Выполнение индивидуальных заданий по курсовому проекту	– 62 часов.

Степень изучения лекционного материала контролируется опросом студентов на лекции и просмотром конспекта лекций на экзамене или накануне его. Подготовка к лабораторным работам контролируется отчетами. Наиболее эффективной формой самостоятельной работы является выполнение индивидуальных заданий.

#### Темы индивидуальных домашних заданий.

Студент должен выполнить все 11 тем за 68 часов.

1. Анализ технологических процессов и оборудования как технологического объекта исследования.
2. Анализ и классификация технологических переменных, управляющих воздействий, точек контроля и управления.
3. Составление перечня измеряемых технологических переменных и управляющих воздействий, определение требуемой точности измерения и управления, а также сред и условий работы измерительной и регулирующей техники.
4. Анализ взаимосвязи между технологическими переменными, определение основных требований к ведению процессов, формулирование критериев качества и целей управления.
5. Разработка комплекса технических средств АСУ ТП.
6. Выбор общего и разработка специального программного обеспечения АСУ ТП.
7. Разработка алгоритмов автоматизированного управления технологическими процессами.
8. Разработка математических моделей объектов управления и экспериментальная проверка их адекватности.
9. Структурный и параметрический синтез систем управления.
10. Компьютерное моделирование алгоритмов управления.
11. Разработка алгоритмов функционирования системы управления технологическими процессами.

В качестве технологического объекта использовать металлообрабатывающие станки по видам обработки:

- токарная;
- сверлильная;
- шлифовальная;
- фрезерная;

- строгальная.

#### **4. ТЕКУЩИЙ И ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Контроль качества изучения дисциплины осуществляется с целью оперативного управления ходом процесса обучения и достижения целей, заложенных в ГОС ВПО. Модульное построение учебной дисциплины предусматривает осуществление следующих видов контроля:

- входной контроль;
- рубежный контроль;
- итоговый контроль.

5.1. Входной контроль проводится с целью оценки остаточных знаний по ранее изученным дисциплинам: теории автоматического управления, моделирование в электроприводе, элементам систем автоматики, автоматизированному электроприводе, которые являются базовыми при изучении данной дисциплины. Образцы контролирующих материалов для контроля остаточных знаний приведены в Приложении 1.

5.2. Текущий контроль уровня знаний и умений по практическому разделу дисциплины осуществляется на лабораторных занятиях в форме экспресс опроса. Образцы контролирующих материалов приведены в приложении 2.

5.3. Рубежный контроль осуществляется после завершения изучения какого-либо модуля в форме контрольной работы с помощью (банка) контрольных заданий. Образцы контрольных заданий приведены в Приложении 3.

5.4. Итоговый контроль осуществляется в девятом семестре в период экзаменационной сессии с помощью экзаменационных билетов. Экзамен проводится в письменной форме с последующим собеседованием. Образец экзаменационного билета приведен в Приложении 4. Зачет проводится по вопросам, выдаваемым преподавателем группе студентов.

5.5. Оценка уровня усвоения учебного материала осуществляется на основе рейтинга студента. Рейтинговая система разработана в соответствии с «Положением о контроле учебной деятельности студентов Томского политехнического университета». Обязательными документами, в которых отражены организация и правила оценки на уровне текущего и итогового контроля учебной деятельности студентов, являются рейтинг-план.

#### **6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

##### **6.1. Перечень используемых информационных продуктов**

- Пакет прикладных программ имитационного моделирования следящих систем двухкоординатного стола и дозирования сыпучих материалов.
- Прикладное программное обеспечение MATHCAD, MATLAB..

##### **6.2. Перечень рекомендуемой литературы**

###### **Основная:**

1. Белов М.П. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов: Учебник для вузов/ М.П. Белов,





- В.А. Новиков, Н.Л. Рассудов. – М: Издательский центр «Академия», 2004.-576 с.
2. Корытин А.М., Петров Н.К., Радимов С.Н., Шапарев Н.К. Автоматизация типовых технологических процессов и промышленных установок. - М.: Энергоиздат, 1988.
  3. Чернов Е.А., Кузьмин В.П. Комплектные электроприводы станков с ЧПУ. - Горький: Волго-Вятское изд-во, 1989.
  4. Коровин Б.Г., Прокофьев Г.И., Рассудов Л.Н. Системы программного управления промышленными установками и робототехническими комплексами. - Л.: Энергоатомиздат, 1990.
  5. Козырев Ю.Г. Промышленные роботы. Справочник. - М.: Машиностроение, 1988.
  6. Шенфельд Р., Хабигер Э. Автоматизированные электроприводы, пер. с нем./под ред. Ю.А.Борцова-Л.: Энергоиздат, 1985.
  7. Казаченко В.Ф., Микроконтроллеры. Руководство по применению 16-разрядных микроконтроллеров во встроенных системах управления. М: Изд. ЭКОМ, 1997.
  8. Ключев А.С., Гладков Б.В. и др. Проектирование систем автоматизации технологических процессов, М: Изд. Энергия, 1980.
  9. Демидов С.В., Авдушев С.А., Дубников А.М. и др. Электромеханические системы управления тяжелыми металлорежущими станками. – Л.: Машиностроение, 1986. – 236с.
  10. Босинзон М.А. Автоматизированные мехатронные модули линейных и вращательных перемещений металлообрабатывающих станков // Приводная техника. – 2002. №1. – С. 10-19.
  11. Коровин Б.Г., Прокофьев Г.И., Рассудов Л.Н. Системы программного управления промышленными установками и робототехническими комплексами. –Л.: Энергоатомиздат, 1990. – 352с.
  12. Крутько П.Д. Управление исполнительными системами роботов. –М.: Наука, 1991. – 332с.
  13. Кузнецов С.А. Интеграция – главное направление на пути создания высокоэффективных машиностроительных САПР // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2000. №2. – С. 4-8.
  14. Мартинов Г.М., Сосонкин В.Л. Концепция числового программного управления мехатронными системами: проблема реального времени // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2000. №3. – С. 37-40.
  15. Мартинов Г.М., Сосонкин В.Л. Концепция числового программного управления мехатронными системами: реализация геометрической задачи // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2001. №1. – С. 9-15.
  16. Соломенцев Ю.М., Сосонкин В.Л. Мартинов Г.М. Построение персональных систем ЧПУ (PCNC) по принципу открытых систем // Открытые системы. – 1997. №3. – С. 68-74.
  17. Сосонкин В.Л., Мартинов Г.М. Концепция числового программного управления мехатронными системами: анализ современного мирового уровня архитектурных решений в области ЧПУ // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2002. №7. – С. 11-17.
  18. Сосонкин В.Л., Мартинов Г.М. Концепция числового программного управления мехатронными системами: методологические аспекты построения открытых



систем ЧПУ // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2002. №2. – С. 2-11.

19. Сосонкин В.Л., Мартинов Г.М. Системы числового программного управления: Учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Автоматизация технологических процессов и производств», направлению «Автоматизация и управление» и магистерской программе «Распределенные компьютерные информационно-управляющие системы». Логос, 2005, 296 с.

**Дополнительная:**

20. Королев А.А. Конструкции и расчет машин и механизмов прокатных станов. - М.: Металлургия, 1985.
21. Бычков В.А. Электропривод и автоматизация металлургического производства: Учебное пособие. - М.: Высшая школа, 1977.
22. Сандлер А.С. Электропривод и автоматизация металлорежущих станков-М.: Высшая школа, 1977.
23. Справочник по автоматизированному электроприводу / Под ред. В.А. Елисеева. - М.: Энергоатомиздат, 1986.
24. Серия из библиотеки «Машиностроение». - М.: Машиностроение, 1986-1988.
25. Техническая документация предприятий по отраслям.
26. <http://ncsystems.ru>
27. <http://www.metran.ru/993art00.html>
28. <http://sensor.ru/>
29. <http://www.aldis.ru/techno/nets/>
30. <http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/interface/index.htm>
31. <http://tornado.nsk.ru/support/articles/8.pdf>
32. <http://www.asutp.ru/?p=600191>
33. <http://www.mka.ru/?p=41313>
34. <http://www.datamicro.ru/>
35. [http://www.kipservis.ru/knt\\_logic.htm](http://www.kipservis.ru/knt_logic.htm)
36. <http://www.asucontrol.ru>
37. <http://www.can-cia.org>
38. <http://www.RealLab.ru>
39. <http://www.ncsystems.ru>

**Методическое сопровождение дисциплины**

Комплект слайдов и рисунков для сопровождения лекций.

Учебно-методическая документация.

1. Букреев В.Г., Краснов И.Ю., Старых А.А. Математическое моделирование элементов электротехники. (учебное пособие). Томск: Изд-во ТПУ, 2006.- 179 с.
2. Букреев В.Г., Краснов И.Ю. Основы теории регулирования непрерывных систем. (учебное пособие). Томск: Изд-во ТПУ, 2006.- 119 с.
3. Букреев В.Г., Гусев Н.В. Системы цифрового управления многокоординатными следящими электроприводами. (учебное пособие). Томск: Изд-во ТПУ, 2007.- 213 с.



Приложение 1

**Образец контролирующих материалов для проверки  
остаточных знаний:**

**Задание №....**

1. Передаточные функции замкнутых систем.
2. Принципы работы ЦАП и АЦП.
3. Закон широтно-импульсного регулирования.
4. Основной закон электропривода.
5. Линейные и нелинейные непрерывные системы.

Приложение 2

**Образец контролирующих материалов по темам  
лабораторных занятий:**

**Задание № ....**

1. Экспериментальное определение характеристик технологического объекта.
2. Описание редактора базы каналов SCADA системы Trace Mode.
3. Характеристики модуля ввода-вывода дискретных сигналов.

Приложение 3

**Образец заданий для рубежного контроля**

**Задание №....**

1. Особенности режимов работы системы управления режимами шлифования материалов.
2. Архитектура системы ЧПУ MC-2000.
3. Монитор реального времени SCADA системы Trace Mode.



Образец экзаменационного билета

<b>Экзаменационные билеты ЭЛТИ ТПУ</b>
ФТПУ 8.04-1
<b>Томский политехнический университет</b>
<b>ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 10</b> ПО ДИСЦИПЛИНЕ <u>КОМПЛЕКСНАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИ-</u> <u>ЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ</u> ФАКУЛЬТЕТ <u>ЭЛТИ</u> КУРС <u>5</u>
1. Основные соотношения, определяющие режимы токарной обработки материалов. 2. Структура контроллера фирмы ОВЕН. 3. Исполнительные программные модули SCADA системы TRACE MODE.
Составил: _____ профессор Букреев В.Г.  Утверждаю: Зав. кафедрой _____ доцент Дементьев Ю.Н.  « <u>01</u> » <u>сентября</u> 2009 г.
С:\Мои документы\билет_КАТП_01_09.doc Дата разработки: 01.09.09. Разработчик Букреев В.Г.