

Проект «Инженерные кадры Зауралья»

*МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ*  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Курганский государственный университет»

Кафедра автоматизации производственных процессов

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ**

Методические указания  
к курсовому проектированию  
для студентов направления 220700.62  
(очная и заочная форма обучения)

Курган 2015

Кафедра: «Автоматизация производственных процессов»

Дисциплина: «Автоматизация технологических процессов и производств»  
(направление: 220700.62).

Составил: канд. техн. наук, доцент Н.Б. Сбродов.

Утверждены на заседании кафедры 04 сентября 2014 г.

Рекомендованы методическим советом университета в рамках проекта  
«Инженерные кадры Зауралья» 20 декабря 2013 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ	4
2 ОБЪЕМ И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	5
3 РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ ОТДЕЛЬНЫХ РАЗДЕЛОВ РАБОТЫ	6
3.1 Реферат	6
3.2 Введение	7
3.2 Введение	7
3.3 Обоснование необходимости автоматизации заданного технологического объекта	7
3.4 Техническое задание	8
3.5 Заключение	9
3.6 Список использованных источников	9
4 РАЗРАБОТКА ЛОКАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ОБЪЕКТОМ	9
4.1 Разработка общей структуры системы управления	9
4.2 Проектирование локальной подсистемы автоматического регулирования	12
4.2.1 Основные положения	12
4.2.2 Выбор принципа регулирования и неизменяемых элементов локальной системы автоматического регулирования (САР)	13
4.2.3 Определение математической модели неизменяемых элементов локальной САР	14
4.2.4 Выбор стандартного регулятора и расчет параметров его настройки	15
4.2.5 Проверка показателей качества регулирования при выбранных параметрах настройки	16
4.2.6 Обоснованный выбор технической реализации регулятора	16
4.3 Проектирование программно-логической подсистемы управления дискретным технологическим процессом	19
4.3.1 Выбор технической реализации элементов системы	19
4.3.2 Разработка алгоритма управления	20
4.3.3 Разработка программы управления	20
5 ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	21
5.1 Оформление расчетно-пояснительной записки	21
5.2 Оформление графической части курсовой работы	23
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	24

## **ВВЕДЕНИЕ**

Важным звеном в подготовке специалистов в сфере промышленной автоматизации является курсовое проектирование по учебной дисциплине «Автоматизация технологических процессов и производств».

Настоящие методические указания освещают общие задачи курсового проектирования, содержат требования к курсовой работе, дают рекомендации по выполнению ее отдельных разделов.

### **1 ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

В курсовой работе по дисциплине «Автоматизация технологических процессов и производств» студент должен показать способность самостоятельно решать задачи автоматизации технологических процессов, умение творчески мыслить, использовать новейшие технические достижения в области автоматизации и управления, применять полученные знания в конкретных условиях.

Тематика курсовых работ должна быть связана с проектированием или модернизацией систем автоматического управления разнообразным технологическим оборудованием и типовыми технологическими процессами в машиностроении, автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) и их локальных подсистем, расположенных на нижнем уровне автоматизации, технического (аппаратного) и программного обеспечения указанных систем [1-8].

При выборе объекта проектирования (модернизации) и обоснования целесообразности автоматизации желательно ориентироваться на реальные технологические объекты [11].

Перед выполнением курсовой работы необходимо хорошо изучить технологический процесс (объект), выявить его положительные стороны и недостатки, сформулировать требования к разработке системы управления. Качественно решить задачи курсового проектирования можно только на базе глубокого анализа технической литературы, в том числе - периодической и патентной, оценки эффективности автоматизируемого технологического объекта и путей его совершенствования.

Конкретный перечень вопросов курсового проектирования уточняют в задании.

В общем случае в работе необходимо:

- 1 Охарактеризовать выбранный (заданный) объект автоматизации.
- 2 Проанализировать целесообразность автоматизации технологического объекта (процесса).
- 3 Разработать техническое задание на проектирование системы управления технологическим объектом.

4 Обосновать выбор управляемых параметров, степень и формы автоматизации, выбор закона изменения выходных параметров.

5 Обосновать выбор устройства управления, обеспечивающего логико-программное управление дискретным процессом, проанализировать заданный алгоритм работы или по описанию техпроцесса его составить. Выбрать измерительные и исполнительные устройства. На основе алгоритма управления разработать соответствующую программу управления.

6 Обосновать выбор закона регулирования одним из непрерывных управляемых параметров, выбрать автоматический регулятор, измерительные, преобразующие, исполнительные устройства.

7 Для выбранной системы автоматического регулирования определить параметры настройки регулятора, оценить устойчивость системы и параметры переходных процессов.

8 Разработать принципиальные схемы системы управления, схемы соединений, подключения и т.д.

Тема курсовой работы и ее содержание определяются в задании, выдаваемом студенту руководителем. Задание является официальным документом, в соответствии с которым студент выполняет работу и защищает его перед комиссией.

## **2 ОБЪЁМ И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

Курсовая работа состоит из расчетно-пояснительной записки и графической части.

Объём расчётно-пояснительной записки (РПЗ) - 30-40 с.

РПЗ может содержать следующие разделы:

1 Титульный лист (см. Приложение).

2 Задание на курсовое проектирование.

3 Содержание.

4 Реферат.

5 Введение.

6 Обоснование необходимости автоматизации заданного технологического объекта.

6.1 Характеристика автоматизируемого технологического объекта

6.2 Анализ путей автоматизации заданного объекта на основе обзора литературы и патентных материалов.

6.3 Разработка технического задания.

7 Разработка локальной системы управления технологическим объектом.

7.1 Разработка общей структуры системы управления.

7.2 Проектирование подсистемы (контура) автоматического регулирования одним из непрерывных технологических параметров или параметром электропривода.

7.2.1 Выбор принципа регулирования и неизменяемых элементов подсистемы.

7.2.2 Определение математической модели объекта регулирования.

7.2.3 Выбор стандартного регулятора и расчёт параметров его настройки.

7.2.4 Проверка показателей качества регулирования при выбранных параметрах настройки.

7.2.5 Обоснованный выбор технической реализации автоматического регулятора.

7.3 Проектирование подсистемы логико-программного управления дискретным технологическим процессом.

7.3.1 Выбор технической реализации элементов подсистемы.

7.3.2 Разработка и анализ алгоритма управления.

7.3.3 Разработка программы управления.

8 Заключение.

9 Список использованных источников.

10 Приложение.

Объём графической части курсовой работы - 1-2 листа формата А1 (594x841 мм).

Графическая часть может содержать следующее:

1 Общий вид автоматизируемого технологического объекта с размещением средств автоматизации.

2 Циклограмму или блок-схему алгоритма работы объекта.

3 Структурную схему системы управления или функциональную схему автоматизации.

4 Схемы электрические принципиальные системы управления, схемы подключения или соединений элементов системы.

5 Иллюстрации настройки автоматических регуляторов и результаты моделирования САР.

Типовой вариант курсовой работы предполагает подробную разработку одной из локальных подсистем: САР непрерывным технологическим параметром или подсистемы логико-программного управления дискретным технологическим процессом [37].

Конкретное содержание и объём РПЗ, графической части работы определяются руководителем в задании на курсовое проектирование.

## **3 РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ ОТДЕЛЬНЫХ РАЗДЕЛОВ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

### **3.1 Реферат**

Реферат объёмом 0,5-1 страница должен кратко отражать основное содержание курсовой работы. В тексте реферата должны содержаться сведения, раскрывающие сущность выполненной работы. В реферат включаются также сведения об объёме РПЗ, количестве иллюстраций, таблиц, наименований используемых источников.

## **3.2 Введение**

Во введении должна быть отражена тема курсовой работы, ее цель и задачи. Оно должно содержать оценку современного состояния решаемой технической задачи. Во введении необходимо чётко сформулировать, в чём заключается актуальность работы, и обосновать целесообразность разработки заданной темы, увязав её с общими проблемами развития промышленности.

Объём введения - 2-3 страницы.

## **3.3 Обоснование необходимости автоматизации заданного технологического объекта**

Данный раздел начинается с характеристики заданного объекта автоматизации. Кратко описывается его конструкция и принцип работы, приводятся основные технические параметры, оценивается уровень автоматизации. Следует помнить, что характеристика технологического объекта и анализ его работы нужны не сами по себе, а для обоснования необходимости автоматизации объекта или повышения уровня автоматизации.

Необходимость автоматизации технологического объекта должна быть показана в двух аспектах: с социально-экономической точки зрения и с точки зрения требований самого технологического объекта. В первой части следует подвести к решению поставленной задачи с позиций экономики предприятия. Необходимо укрупненно определить и указать источники экономической эффективности, например, повышение производительности труда, высвобождение рабочей силы, улучшение качества продукции, повышение надёжности оборудования, социальный эффект - замена неквалифицированного, монотонного труда творческим трудом и т.д.

Во второй части необходимо проследить логику совершенствования объекта, пути устранения недостатков, возможность автоматизации или повышение её уровня.

После анализа объекта автоматизации необходимо определить вид автоматического устройства управления, которое будет управлять объектом. Если объект управления - единичный технологический процесс, операция, технологическая установка, и если основная цель управления - стабилизация или изменение по определённому закону непрерывной управляемой величины (температуры, давления, уровня, влажности, скорости и т.д.) или нескольких управляемых величин, то в качестве основного устройства управления используют автоматический регулятор (регуляторы).

Если объект управления - сложный процесс, установка, линия, состоящие из отдельных операций и агрегатов, то возникает дополнительная задача управления дискретным процессом - связать эти элементы в единую систему, обеспечить определённую последовательность работы, переход из одного режима в другой при определённых условиях. В качестве устройства управления дискретным технологическим процессом применяют дискретный автомат, например, программируемый логический контроллер.

Затем проводится обзор отечественной и зарубежной технической литературы, в том числе и периодической (журналы «Современные технологии автоматизации» [79], «Приборы и системы управления», «Автоматизация и производство», «Автоматизация и современные технологии», «Мир компьютерной автоматизации», «Контрольно-измерительные приборы и системы», «Контроль: диагностика и измерительная техника», «Станки и инструменты» и др.). Проводится обзор информации в Internet по теме курсовой работы. Анализируются положительные и отрицательные стороны известных устройств, систем, методов и т.п. Предметом анализа должны быть достигнутые результаты, новые идеи, возможные пути решения поставленной задачи. Очень полезными являются консультации (например, во время производственной практики), с заводскими специалистами, проектирующими и эксплуатирующими аналогичные системы автоматизации, знающими их преимущества и недостатки.

На основе проведенного анализа выполняется постановка задачи, являющаяся подробным и обоснованным заданием для дальнейшей работы. Постановка задачи приводится в форме технического задания на разработку системы управления.

### **3.4 Техническое задание**

Техническое задание (ТЗ) на разработку устройства, технологической линии или системы управления - один из важнейших разделов проектной документации.

В курсовой работе при разработке ТЗ студент одновременно выступает в роли заказчика и разработчика, что вызывает определённые трудности.

Содержание разделов ТЗ на разработку системы управления регламентируется ГОСТ 34.602-89. Применительно к учебному проекту рекомендуется разбить ТЗ на 9 разделов:

1 Наименование и область применения системы управления. Здесь рассматриваются вопросы назначения и области применения, определяются существующие аналоги, приводится краткая характеристика.

2 Основание для разработки. Указываются все документы, на основании которых выполняется проект системы.

3 Цель и назначение разработки. В разделе указываются наименование и характеристика модернизируемой или принятой за прототип системы управления.

4 Источники разработки. Указываются все источники разработки, на базе которых выполняется проект системы управления.

5 Режимы работы объекта. Приводятся входные и выходные параметры объекта, режимы работы, условия перехода из режима в режим, алгоритмы управления и т.д.

6 Условия эксплуатации системы управления.

7 Технические требования.

8 Стадии и этапы разработки.

## 9 Порядок контроля и приёмки.

### **3.5 Заключение**

В заключении кратко освещаются основные проектные решения, формулируются выводы по результатам выполненной работы, оцениваются полнота технических решений поставленных задач, преимущества и недостатки разработанной системы управления, указываются перспективы дальнейшего совершенствования.

### **3.6 Список использованных источников**

Список должен содержать сведения обо всех источниках (книгах, журнальных статьях, патентах, технической документации), использованных при курсовом проектировании. Сведения приводятся в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1-2003.

## **4 РАЗРАБОТКА ЛОКАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ОБЪЕКТОМ**

### **4.1 Разработка общей структуры системы управления**

Переходя от ТЗ к разработке системы управления объектом, необходимо вначале представить систему управления в целом, определить её взаимодействие с объектом и его составными частями. Под структурой системы управления понимается совокупность частей системы, на которые она может быть разделена по определённому признаку, а также пути передачи воздействий между ними. Графическое изображение структуры системы управления называется структурной схемой.

Структурную схему рекомендуется разрабатывать в два этапа.

На первом необходимо выяснить взаимосвязи между объектом управления и системой управления, а именно:

выходные параметры объекта, характеризующие его количественные и качественные показатели функционирования;

какими параметрами будет управлять создаваемая система управления;

какие параметры необходимо контролировать с целью получения информации, необходимой для принятия решения.

Далее следует рассмотреть структуру объекта и его взаимосвязи с будущей системой управления. Объект автоматизации в общем случае состоит из нескольких в большей или меньшей степени связанных друг с другом частей (участков управления). Физически они могут представляться в виде отдельных установок, агрегатов и т.д. (для сложных объектов) или в виде локальных каналов управления отдельными параметрами одной и той же установки (для более простых объектов).

Второй этап разработки структуры системы управления – разработка структурной схемы. Разрабатывают структуру и характер системы управления в целом и её отдельных подсистем, выбирают технические и программные средства автоматизации.

При разработке общей структуры системы управления и деление её на подсистемы следует руководствоваться следующим [12, 17, 18]:

если объект несложен, отдельные его части пространственно не распределены, то применяют одноуровневые централизованные системы управления (локальные системы управления);

если объект пространственно распределён, то применение одноуровневых централизованных систем управления намного усложняет линии связи, снижает надёжность системы в целом и т.п. В этом случае более приемлемой становится одноуровневая децентрализованная (распределенная) система управления. Объективной предпосылкой децентрализации систем управления явилось развитие микропроцессорной техники и широкое её внедрение в АСУТП, что способствовало выдвижению новых идей в области структурной организации систем управления. Одно из этих направлений и связано с развитием принципа распределённого управления на основе локальных управляющих промышленных сетей [13-15, 41, 42];

с помощью одноуровневых систем не всегда представляется возможным оптимально решить вопросы управления технологическими процессами. Это, в первую очередь, относится к сложным технологическим процессам. Тогда целесообразно переходить к многоуровневым АСУТП (минимум - двухуровневым). При этом на первом (нижнем) уровне управления располагаются локальные системы управления отдельными непрерывными процессами и системы логико-программного управления дискретными технологическими процессами. Нижний уровень, как правило, децентрализован. Нижний уровень непосредственно взаимодействует с объектом управления. Каждой выделенной частью объекта можно управлять с любого уровня. При проектировании систем управления отдельными технологическими установками необходимо предусмотреть передачу информации на более высокий уровень. Коммуникационная среда для передачи информации между уровнями и отдельными подсистемами образуется с помощью промышленных сетей Modbus, Profibus, Fieldbus, CAN, Ethernet и др.[41, 42]. На верхнем уровне АСУТП размещаются мощные компьютеры, выполняющие функции серверов баз данных и рабочих станций и обеспечивающие хранение и анализ всей поступившей информации за любой интервал времени, а также визуализацию информации и взаимодействие с оператором. Основой программного обеспечения верхнего уровня являются специализированные программные пакеты SCADA – системы (Supervisory Control and Data Acquisition) [56-58].

При разработке структуры необходимо локальную систему управления разбить на замкнутые подсистемы автоматического регулирования и подсистемы логико-программного управления.

При разбивке на замкнутые автоматические подсистемы следует обратить внимание на наличие в контурах регулирования необходимых функциональных элементов, таких как первичный измерительный преобразователь, промежуточный измерительный преобразователь, регулятор, исполнительное устройство.

При выделении программно-логических подсистем управления необходимо учитывать, что они помимо выполнения операций дискретного управления (включение, выключение, переключение) по заданному алгоритму обеспечивают реализацию и других функций: включают и отключают замкнутые контуры регулирования, контролируют состояние оборудования, блокируют отдельные устройства и установки в аварийных ситуациях и т.д.

В результате разбивки локальной системы управления на подсистемы подготавливается необходимая информация для проектирования в дальнейшем замкнутых подсистем автоматического регулирования (см. раздел 4.2) и (или) подсистем логико-программного управления (см. раздел 4.3).

Результаты разработки структуры управления объектом отражаются в графической части курсовой работы в виде структурной схемы.

Требования к выполнению структурных электрических схем систем управления устанавливает ГОСТ 2.701-2008. Примеры выполнения приведены в [25].

Рекомендации по разработке структурных схем управления и контроля применительно к АСУПТ, а также примеры оформления подобных схем содержатся в [16, 17, 20, 25, 30].

Общая структура системы управления может быть представлена в графической части курсовой работы в виде функциональной схемы автоматизации. Это, прежде всего, характерно для систем управления, состоящих из отдельных подсистем автоматического регулирования непрерывными технологическими параметрами.

Функциональная схема автоматизации представляет собой чертёж, на котором схематически условными обозначениями изображаются: технологическое оборудование, коммуникации, органы управления и средства автоматизации (приборы, регуляторы и т.д.) с указанием связей между технологическим оборудованием и элементами системы управления, а также связей между отдельными элементами системы.

Технологическое оборудование при разработке функциональных схем автоматизации должно изображаться, как правило, упрощённо. Однако изображённая таким образом технологическая схема должна давать ясное представление о принципе её работы и взаимодействия со средствами автоматизации.

Технологические коммуникации изображают условными обозначениями в соответствии с ГОСТ 2.784-96, ГОСТ 2.785-70.

Приборы, средства автоматизации, исполнительные и измерительные устройства на функциональных схемах автоматизации показываются в соответствии с ГОСТ 21.404-85.

Функциональные схемы автоматизации могут быть выполнены двумя способами.

При первом способе щиты и пульта управления условно изображают прямоугольниками (в верхней или нижней части чертежа), в которых при помощи условных изображений показывают устанавливаемые в щитах и пультах приборы и средства автоматизации. От них идут линии связи к элементам технологической схемы, с которыми они взаимодействуют. Приборы и средства автоматизации, устанавливаемые вне щитов и пультов, и не связанные непосредственно с технологическим оборудованием, условно показывают в прямоугольнике с надписью «Приборы местные». Такой прямоугольник располагают над прямоугольниками щитов и пультов оператора.

Однотипным приборам, относящимся к одному комплекту (первичный измерительный преобразователь, промежуточный преобразователь, регулятор и т.д.), присваивают одинаковые номера, независимо от места их установки.

По второму способу приборы и средства автоматизации изображают вблизи датчиков. При этом щиты и пульта в схемах не показывают. Этим достигается простота совмещения схемы контроля и управления с технологической схемой и меньшая трудоёмкость при их составлении. Однако первый способ более предпочтителен в связи с большей наглядностью, в значительной степени облегчающей чтение схемы.

Рекомендации по разработке функциональных схем автоматизации и примеры их оформления приведены в литературе [16, 17, 20].

## **4.2 Проектирование подсистемы автоматического регулирования**

### **4.2.1 Основные положения**

При выполнении курсовой работы одним из наиболее важных является раздел, посвящённый разработке локальной замкнутой подсистемы автоматического регулирования (САР) одним из непрерывных технологических параметров.

Проектирование локальных замкнутых САР в курсовой работе делится на следующие этапы [10]:

- 1) выбор принципа регулирования (на основе анализа свойств объекта управления, возмущений и требований к точности) и неизменяемых элементов САР (датчика, исполнительного устройства);
- 2) определение математической модели всех неизменяемых элементов системы регулирования (объекта управления, датчика, исполнительного устройства);
- 3) выбор стандартного регулятора и расчёт параметров его настройки;
- 4) проверка показателей качества регулирования при выбранных параметрах настройки;
- 5) обоснованный выбор технической реализации регулятора.

#### 4.2.2 Выбор принципа регулирования и неизменяемых элементов локальной САР

В процессе проектирования локальных замкнутых САР выбирают структуру и параметры управляющего устройства, обеспечивающие требуемые качественные показатели и устойчивость системы.

В зависимости от вида возмущающего воздействия САР работает в статическом или динамическом режимах. Статический режим устанавливается в том случае, когда интервал времени  $t_e$  между двумя последовательными возмущениями намного больше времени переходного процесса в объекте  $t_n$  или при медленном изменении параметрических возмущений, не вызывающих существенных динамических отклонений регулируемой величины.

Динамический режим устанавливается при соизмеримости  $t_e$  и  $t_n$ .

В зависимости от свойств объекта и возмущения при выборе принципа регулирования необходимо пользоваться следующими рекомендациями [10, 21, 22]:

1 Если на объект управления действуют неинтенсивные возмущения ( $t_e \gg t_n$ ), то для управления объектом следует использовать системы управления статическими режимами работы.

2 Если на объект регулирования действуют интенсивные возмущения, объект управляем по выбранному входу, но сами возмущения не поддаются измерению, то для управления объектом можно использовать обыкновенные САР по отклонению [21-23]. Проектирование САР по отклонению заключается в выборе типового регулятора и расчёте его настроечных параметров для обеспечения заданных показателей качества и требований устойчивости.

3 Если требуемое качество не может быть достигнуто с помощью типовых регуляторов, необходимо использовать более сложные, например, двухконтурные (каскадные) САР. Подобные системы часто именуется в литературе системами с подчинённым регулированием параметров. Их применение предполагает наличие у объекта управления промежуточных управляемых переменных. Использование каскадного регулирования особенно эффективно тогда, когда контуры существенно различаются по динамике (внутренний обладает значительно большим быстродействием). При выполнении этого условия возможна замена двухконтурной системы регулирования двумя одноконтурными с оптимальными независимыми настройками регуляторов.

4 Если объект управления обладает малой инерционностью и не требуется высокая точность стабилизации выходной переменной, то можно использовать релейную (двухпозиционную) САР. Выходная величина в такой системе совершает колебания относительно заданного значения [23, 26].

5 В практике автоматического регулирования находят применение и более сложные типы САР: САР по возмущению, комбинированные, экстремальные, самонастраивающиеся и др. [12, 21].

Вторым важным вопросом первого этапа проектирования локальной САР является выбор всех неизменяемых элементов данной системы.

Методики выбора конкретных элементов рассматривались в ранее изученных дисциплинах «Технические измерения и приборы», «Автоматизированный электропривод», «Технические средства автоматизации» и др.

Выбор датчика определяется главным образом физической природой контролируемой величины, диапазоном её изменения, допустимой погрешностью, влиянием параметров окружающей среды и т.д. [22, 41, 53-55, 59-64].

Зарубежными ведущими фирмами, выпускающими датчики, являются фирмы Omron, Siemens, Pepperl+Fuchs, Scaime и др.[63, 64, 72, 73]. Техническая информация по датчикам, изготавливаемым отечественными предприятиями, приведена в [41, 53-55, 58-62].

Выбор исполнительного устройства определяется в первую очередь соответствием принципа действия и конструкции исполнительного устройства задаче автоматизации, а также мощностью, необходимой для воздействия на объект управления. Например, если выполняется перемещение управляющего органа, то при определении мощности исполнительного двигателя необходимо учитывать не только момент сопротивления, но и составляющие, зависящие от момента инерции нагрузки, максимальной скорости и максимального ускорения [19, 46, 66, 68].

Рекомендации по выбору и технические характеристики серийных элементов САР приведены в соответствующей справочной и периодической литературе [16, 22, 29, 42, 46-51, 58-64, 66-68].

#### **4.2.3 Определение математической модели неизменяемых элементов локальной САР**

Одним из наиболее сложных этапов при проектировании локальной замкнутой САР является получение математической модели объекта управления (то есть его идентификация). Для определения математической модели объекта управления и других устройств неизменяемой части системы используют материалы, полученные на производстве (например, графики переходных процессов) или литературные источники, в которых приводятся конкретные сведения по статике и динамике элементов систем (прежде всего объекта управления). Это могут быть аналитические зависимости или экспериментально полученные данные.

При отсутствии этих материалов можно использовать в проекте математические модели аналогичных устройств или определить эти модели аналитическим путём на основе упрощающих допущений.

Применительно к промышленным объектам регулирования чаще приходится иметь дело с динамическим режимом работы, чем со статическим. В качестве оцениваемых динамических характеристик при идентификации используют дифференциальные уравнения объекта, его передаточные функции и АФХ. Все эти характеристики для линеаризованного объекта однозначно

взаимосвязаны и поэтому достаточно определить в аналитической форме хотя бы одну из них.

Многообразие технологических процессов в машиностроении не позволяет дать конкретные, чёткие рекомендации по выбору методов разработки моделей различных технологических объектов управления. Основные теоретические положения, математические методы, наиболее часто используемые приёмы и примеры по разработке моделей различных устройств изучались студентами в курсах «Теория автоматического управления», «Моделирование систем» и др.

При разработке модели объекта управления часто используют различные упрощения и стремятся представить её сочетанием типовых динамических звеньев. Например, объекты регулирования, обычно обладающие инерционностью, представляют в виде инерционного звена первого или второго порядка. Пространственное распределение регулируемой величины в конструкции объекта может учитываться в модели звеном чистого запаздывания.

Рекомендации по идентификации объектов управления и элементов систем управления, примеры разработки математических моделей приведены в [12, 23, 24].

#### **4.2.4 Выбор стандартного регулятора и расчёт параметров его настройки**

Приступая к выбору регулятора и расчёту параметров его настройки, проектировщик должен иметь следующие исходные данные: динамические параметры объекта регулирования (коэффициент передачи, постоянные времени элементов, постоянное запаздывание); требования к качеству регулирования (время переходного процесса, максимальное перерегулирование) и т.д. В каждом конкретном случае следует применять возможно более простой регулятор и переходить к более сложным лишь в тех случаях, когда простые регуляторы по тем или иным причинам не могут обеспечить требуемого качества регулирования.

Основой для синтеза замкнутых САУ с заданными статическими и динамическими показателями являются математические методы теории автоматического управления. Наиболее общие и широко используемые на практике методы расчёта регулирующих устройств даёт известная из дисциплины «Теория автоматического управления» связь основных показателей с ЛАЧХ разомкнутого контура регулирования. Проектируемый регулятор представляется в виде произвольного последовательно-параллельного корректирующего звена [21].

Этот путь синтеза универсален и позволяет наиболее полно учесть весь комплекс предъявляемых к САУ требований в отношении, как точности регулирования, так и его динамических показателей. Однако, данная методика трудоёмка, получаемые корректирующие устройства, как правило, сложны в технической реализации.

Практика автоматизации показывает, что для большинства объектов регулирования выбор и расчёт регуляторов могут быть выполнены на основе инженерного метода последовательной коррекции с использованием типовых регуляторов. Этот метод позволяет получить вполне определённые динамические свойства регулируемого объекта, соответствующие конкретным так называемым стандартным настройкам контуров регулирования.

Наиболее часто используются следующие типовые регуляторы: пропорциональный (П-регулятор), интегрирующий (И-регулятор), пропорционально-интегрирующий (ПИ-регулятор), пропорционально-интегрально-дифференцирующий (ПИД-регулятор) [23, 46].

В качестве основной стандартной настройки, оптимальной для многих задач регулирования является настройка на технический оптимум (оптимум по модулю) [16, 23]. В тех случаях, когда требуется более высокая точность регулирования, применяют стандартную настройку на симметричный оптимум.

На практике могут использоваться и другие, упрощённые инженерные методики выбора и расчёта автоматических регуляторов [17, 23].

#### **4.2.5 Проверка показателей качества регулирования при выбранных параметрах настройки**

После того, как выбран регулятор и определены параметры его настройки, необходимо убедиться в том, что требуемые показатели качества действительно обеспечиваются в спроектированной САР. С этой целью можно использовать различные приёмы оценки качества регулирования. Один из основных методов предполагает непосредственный расчёт переходного процесса в системе, вызванного ступенчатым воздействием по задающему входу [21].

Для реализации этого метода при курсовом проектировании используют программные пакеты VisSim, LabView и др, моделирующие работу проектируемой САР.

Иллюстрации настройки регулятора и результаты моделирования (наборные схемы, таблицы настроечных параметров, графики переходных процессов и др.) приводятся в графической части.

#### **4.2.6 Обоснованный выбор технической реализации регулятора**

Автоматические регуляторы, предназначенные для воспроизведения назначенного закона регулирования, делятся на две большие группы: регуляторы с аппаратной (схемной) реализацией закона регулирования и регуляторы с программной реализацией (цифровые или микропроцессорные регуляторы).

Технической базой аппаратных регуляторов являются операционные усилители. Требуемые параметры регуляторов обеспечиваются соответст-

вующими настроечными элементами (резисторами, конденсаторами). В настоящее время аппаратные регуляторы весьма ограниченно применяются в современном производстве. Практически повсеместно их вытеснили микропроцессорные регуляторы.

Разработку и внедрение автоматических регуляторов с программной реализацией типовых законов регулирования предопределило повышение требований к функциональным возможностям, гибкости, надёжности и другим характеристикам регуляторов. Основой этой группы регуляторов является микропроцессорная техника.

По степени универсальности микропроцессорные регуляторы делятся на два типа: специализированные - регуляторы одной регулируемой величины (температуры, давления, расхода и т.д.) и универсальные регуляторы с унифицированными входными и выходными сигналами. Специализированные микропроцессорные регуляторы часто называют измерителями-регуляторами (изредка – микроконтроллерами). Программно реализованные алгоритмы аналогового регулирования у данных регуляторов несложные и обычно не подлежат изменению. Универсальные микропроцессорные регуляторы представляют собой микропроцессорные программируемые контроллеры. Системы программирования регуляторов данного позволяют реализовывать алгоритмы регулирования практически любой сложности.

На рынке средств автоматизации предлагается большое число специализированных микропроцессорных регуляторов, отличающихся типом регулируемой величины, количеством управляемых каналов, другими функциональными возможностями, стоимостью и т.д. Например, измерители-регуляторы серии ТРМ компании ОВЕН [62], измерители-регуляторы серии ИРТ производства НПП «Элемер», регуляторы серии МЕТАКОН производства НПФ «КонтрАвт» и многие др . [58, 59, 61, 72, 73, 75].

Большинство специализированных регуляторов имеют каналы интерфейсной связи с другими микроконтроллерами и персональным компьютером. Таким образом, можно создавать локальные управляющие сети из микроконтроллеров и, реализуя принципы распределенного управления, управлять достаточно сложными технологическими объектами. Для сетей из микроконтроллеров разработано программное обеспечение (SCADA-системы), позволяющее на мониторе персонального компьютера визуализировать технологический процесс, оперативно контролировать и управлять его выполнением [41, 42, 56-58].

Наиболее перспективным направлением программной реализации алгоритмов управления являются микропроцессорные программируемые контроллеры.

Развитие данных устройств управления идет по двум направлениям: первое – PLC (Programmable Logic Controller) – программируемые логические контроллеры (часто называют гибко или свободно программируемые контроллеры) и РС-контроллеры (IBM PC совместимые контроллеры).

Наиболее популярны в нашей стране PLC таких зарубежных производителей, как Siemens [70, 71, 75], Omron [72, 73], Festo [78], Allen-

Bradley, Modicon, Schneider Electric, Mitsubishi Electric и др. [41, 43, 63], а также отечественные модели, такие как серия ОВЕН ПЛК [62], Ремиконт Р-130ISa [65], КРОСС-500, ТЕКОН, КОНТАР, ПРОТАР, Эмикон и др.

Например, популярен среди разработчиков систем управления отечественный микропроцессорный регулирующийся контроллер серии Ремиконт Р-130ISa, а также близкий по архитектуре контроллер КРОСС-500. Современные программируемые контроллеры обеспечивают автоматическую адаптацию к параметрам объекта управления. При их использовании в САР можно достаточно грубо описать управляемый процесс, задав приближённо его параметры. Точные параметры регуляторов настраиваются автоматически после стыковки контроллера с объектом управления. Контроллеры серии Ремиконт Р-130ISa могут работать как на нижнем уровне распределённой АСУТП, взаимодействуя со средствами верхнего уровня по промышленным сетям Ethernet и Modbus канал, так и в качестве автономного устройства.

В связи с бурным ростом РС совместимых компьютеров (управляющих микроЭВМ) последние все чаще стали использовать в качестве контроллеров в системах промышленной автоматизации [63].

Первое и главное преимущество РС-контроллеров связано с их открытостью, т.е. с возможностью применять в АСУТП самое современное оборудование, только-только появившееся на мировом рынке. Причем оборудование для РС-контроллеров выпускают уже не десятки, а сотни производителей, что делает выбор уникально широким. Пользователь АСУТП уже не находится во власти одного производителя (как в случае с PLC), который навязывает ему свою волю и заставляет применять только его технические решения. Он может теперь применять в своих системах продукцию разных фирм, следя только за тем, чтобы она соответствовала определенным стандартам.

Второе важное преимущество IBM РС совместимых контроллеров заключается в том, что в силу их «родственности» с компьютерами верхнего уровня не требуются дополнительные затраты на подготовку профессионалов, обеспечивающих их эксплуатацию. Эту работу могут с успехом выполнять (и это подтверждается на практике) специалисты, обеспечивающие эксплуатацию компьютеров верхнего уровня. Это позволяет сократить сроки внедрения систем управления и упрощает их эксплуатацию.

Примерами таких контроллеров являются: контроллеры серии ADAM фирмы Advantech, контроллеры MicroPC фирм Octagon Systems и Fastwel, контроллеры фирм Grayhill, Lippert и др. [63].

Результаты выполнения данного раздела курсовой работы (4.3) отражаются в графической части в виде иллюстраций настройки регуляторов и результатов моделирования САР, графиков переходных процессов, электрических принципиальных схем, электрических схем подключения, соединений и т.п.

## **4.3 Проектирование программно-логической подсистемы управления дискретным технологическим процессом**

### **4.3.1 Выбор технической реализации элементов подсистемы**

Полный цикл технологического процесса представляет собой совокупность отдельных технологических операций, сменяющих друг друга в определённой последовательности. Для управления технологическим циклом необходимо формировать дискретную последовательность команд исполнительным устройствам технологического объекта управления. Формирование команд осуществляется управляющим устройством - дискретным автоматом на основе логического анализа команд с пульта оператора и сигналов от различных дискретных датчиков о завершении или качестве протекания технологической операции.

Первым этапом проектирования программно-логической системы управления дискретным технологическим процессом является выбор серийных информационных и исполнительных устройств, а также - управляющего устройства.

Для выполнения задач позиционирования и базирования подвижных элементов технологических установок используются информационные устройства, из которых основными являются дискретные датчики положения. К ним относятся контактные и бесконтактные путевые выключатели [62, 72, 73], групповые выключатели, кодовые датчики магазинных и складских систем [11] и т.д.

К источникам диагностической информации относятся дискретные датчики: реле давления, датчики температуры и уровня масла, реле потока и т.д. [41, 53-55, 58-64]. В качестве дискретных устройств ручного ввода управляющей информации с пульта оператора используются кнопки, переключатели и др. [70, 72].

Объект управления с дискретным технологическим процессом оснащается различного рода приводами исполнительных органов. Как правило, это высоконадёжные нерегулируемые по скорости приводы переменного тока, гидравлические и пневматические приводы. Традиционно схемы управления такими приводами строились с использованием релейно-контактных и бесконтактных устройств электроавтоматики [47-50, 69-76].

Основным типом управляющего устройством (дискретным автоматом) для данных систем управления являются программируемые контроллеры. Гибкость в адаптации к объекту управления, лёгкость программирования, развитые функциональные возможности, высокая надёжность обеспечивают широкое использование данных устройств в автоматизации дискретных процессов. В качестве устройств управления программно-логической подсистемы используются те же контроллеры двух типов (PLC и IBM PC совместимые контроллеры), что и для реализации САР (см. раздел 4.2.6 настоящих указаний). Это объясняется, прежде всего, наличием у программируемых контроллеров большой номенклатуры модулей ввода-

вывода как аналоговых, так и дискретных сигналов, а также развитыми системами программирования.

Исходными данными для выбора программируемых контроллеров являются: число и параметры входов-выходов (род тока, номинальные напряжения и ток и др.); условия эксплуатации; конструктивное исполнение; функциональные возможности и др.

Технические характеристики некоторых программируемых контроллеров приведены в [41, 43, 62, 63, 65, 70-73, 75, 78].

### **4.3.2 Разработка и анализ алгоритма управления**

Типовая последовательность разработки алгоритма управления содержит следующие этапы:

1 Анализ циклограммы работы объекта управления или блок-схемы. Если циклограмма работы или блок-схема отсутствуют, то, используя словесное описание алгоритма, необходимо их разработать.

2 Составление таблиц входных и выходных сигналов программируемого контроллера. Таблицы должны содержать наименование и условное обозначение сигналов, их источник или приёмник, адресацию сигналов и их привязку к контактам разъёмов контроллера.

3 В некоторых случаях является полезным описать алгоритм (циклограмму) уравнениями алгебры логики.

По результатам выполнения перечисленных этапов подготавливается информация для разработки программы управления программируемого контроллера, а в графической части изображается электрическая схема подключения к контроллеру информационных (датчиков) и исполнительных устройств [25, 30].

### **4.3.3 Разработка программы управления ПЛК**

Завершающим этапом проектирования программно-логической подсистемы управления дискретным процессом является написание программы управления для программируемого контроллера.

Накопленный многими фирмами опыт программирования программируемых контроллеров обобщен в виде стандарта IEC61131, где определены пять языков программирования контроллеров: SFC – язык последовательных функциональных схем, LD – язык релейных диаграмм, FBD – язык функциональных блок-схем, ST – язык структурированного текста, IL – язык инструкций [38].

В курсовой работе программу управления для ПЛК можно разрабатывать на любом стандартном языке программирования (стандарт IEC61131). Предпочтительный вариант – язык релейно-контактных схем РКС (LD) [31-36, 38-40]. Разработку программы управления желательно выполнять на основе одного из специализированных программных комплексов (пакета прикладных программ). Примерами таких комплексов программирования являются

CoDeSys фирмы 3S Smart Software Solutions [62], Step 7 и LOGO!Soft Comfort фирмы Siemens [71], Multiprog wt фирмы Klopfer und Wiege Software GmbH, Zen Software и CX-Programmer фирмы Omron, а также - UltraLogik и ISaGRAF и др.

Текст разработанной программы управления приводят в приложении РПЗ.

Системы команд, методики разработки программ управления и примеры программирования некоторых моделей программируемых контроллеров содержатся в [28, 30-36, 38-40].

## **5 ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

### **5.1 Оформление РПЗ**

РПЗ оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ 7.32-2001.

РПЗ может выполняться одним из следующих способов:

- 1) рукописным - на одной стороне листа формата А4 чернилами (тушью, пастой) чёрного, синего или фиолетового цвета с высотой букв и цифр не менее 2,5 мм;
- 2) с использованием компьютера и принтера - на одной стороне листа формата А4 (кегель 12).

Размеры полей вне зависимости от способа выполнения РПЗ устанавливаются следующими: левое - 30 мм, правое – 10 мм, верхнее - 20 мм, нижнее - 20 мм. Если текст РПЗ пишется от руки, то необходимо использовать чернила только одного цвета.

Текст РПЗ должен излагаться кратко, чётко, технически и стилистически грамотно. Не рекомендуется обширное описание общеизвестных материалов.

Применяемые термины и обозначения должны быть едиными во всей РПЗ, не допускать различных толкований и соответствовать установленным стандартам или являться общепринятыми в научно-технической литературе. Условные буквенные обозначения математических, физических и других величин, условные графические обозначения, а также сокращения слов в тексте должны соответствовать стандартам.

Размерность физических величин следует приводить в международной системе единиц.

Текст РПЗ разделяют на разделы. Каждый раздел следует начинать с нового листа. Разделы должны быть пронумерованы в пределах всей РПЗ. Разделы «Реферат», «Заключение», «Список использованных источников» не нумеруются. Разделы подразделяются на подразделы. Подразделы нумеруются арабскими цифрами в пределах каждого раздела. Номер подраздела должен состоять из номера раздела и номера подраздела, разделённых точкой, например: 2.3 (третий подраздел второго раздела).

Разделы и подразделы должны иметь заголовки. Номер раздела и подраздела ставится в начале заголовка и отделяется от него точкой. Заголовки разделов и подразделов пишутся с прописной буквы. Если заголовок состоит из

двух или более предложений, их разделяют точкой. В конце заголовка точку не ставят. Подчёркивать заголовки и переносить слова в заголовках не допускается. Выделяются заголовки в тексте лишь увеличенными расстояниями от предшествующих и последующего текстов.

Нумерация страниц РПЗ должна быть сквозной. Номер страницы проставляется арабскими цифрами в центре нижней части листа без точки в конце. Первым листом РПЗ является титульный лист, который не нумеруется.

Все иллюстрации РПЗ (схемы, графики, чертежи) именуется рисунками и нумеруются последовательно арабскими цифрами в пределах раздела. Например: Рисунок 2.3 (третий рисунок второго раздела). Все иллюстрации имеют наименование, начинающееся с прописной буквы. Наименование помещают под иллюстрацией. Обозначение иллюстрации словом «Рисунок» и её номером помещают после иллюстрации. Например, Рисунок 4.1 – Структура системы.

Иллюстрации могут выполняться любым способом, обеспечивающим контрастность, выразительность и наглядность изображения. Рисунки допускается выполнять тушью (чёрными чернилами), карандашом или распечатывать на принтере.

На все иллюстрации должны быть даны ссылки в тексте РПЗ, например «рисунок 2.10» или «(см. рисунок 3.5)».

Таблицу следует располагать в РПЗ непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице.

Таблицы нумеруются арабскими цифрами в пределах раздела. Каждая таблица должна иметь название. Название таблицы следует помещать над таблицей слева, без абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире. Номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделённых точкой.

На все таблицы должна быть ссылка в РПЗ, например «таблица 2.2» или «(см. таблицу 2.2)».

Приводимые в расчётах формулы и уравнения сначала пишутся в общем виде с расшифровкой буквенных обозначений и указанием размерностей, затем уже подставляются числа и приводится окончательный числовой результат.

Если в формуле имеются условные обозначения величины, ранее не встречавшиеся в тексте, то их следует пояснять непосредственно под формулой в той последовательности, в какой они даны в формуле, а затем указать единицы их измерений. После формулы ставится запятая, и первую строку пояснения начинают со слова «где», например:

$$f = wt,$$

где  $f$  - фаза сигнала, рад;

$w$  - частота сигнала, рад/с;

$t$  - время, с.

Если формула не вмещается в одну строку, она должна быть перенесена после знака равенства или арифметических действий.

При использовании тех или иных формул, численных значений, рекомендаций и др. необходимо ссылаться на источники.

Формулы, приводимые в РПЗ, следует нумеровать в пределах раздела арабскими цифрами. Номер формулы должен состоять из номера раздела и порядкового номера формулы, разделённых точкой. Номер формулы следует заключать в круглые скобки и помещать в крайнем положении на строке. Ссылки в тексте на номер формулы дают в круглых скобках, например: «... в формуле (2.3)».

Таблицы вспомогательных цифровых данных, тексты программ, спецификации, перечни элементов и др. должны быть представлены в приложениях к РПЗ. Приложения должны быть оформлены как продолжение РПЗ на последующих листах. Если приложений два и более, они должны быть обозначены заглавными буквами русского алфавита, например: «Приложение А». Слово «Приложение» вместе с номером следует помещать наверху посередине страницы. Каждое приложение должно начинаться с новой страницы и иметь заголовок, написанный (напечатанный) с прописной буквы. Разделы, таблицы, рисунки нумеруются в пределах каждого приложения по порядку.

При ссылке на литературный источник, патент и т.п. в тексте приводится номер источника из списка, называемого «Список использованных источников» и помещаемого в РПЗ. Номер источника выделяется квадратными скобками, например: [23]. Библиографическое описание использованных источников выполняют в соответствии с ГОСТ 7.1-2003. Указывается фамилия и инициалы автора, название книги, место издания, издающая организация, год издания, том и номера страниц.

## **5.2 Оформление графической части курсовой работы**

Графическая часть является основой курсовой работы. Объем графической части - 1-2 листа формата А1 (594\*841). Все чертежи печатают на плоттере (принтере) с использованием программных пакетов САПР (например, «Компас-График» и др.). Допускается выполнять чертежи карандашом или тушью.

Графическую часть оформляют в соответствии с правилами, предусмотренными стандартами ЕСКД.

На чертежах общего вида указываются габаритные и установочные размеры.

При выполнении схем необходимо руководствоваться ГОСТ 2.701-2008, 2.702-2011, 2.708-81, 21.404-85. Графические изображения в схемах выполняются в соответствии с указаниями ГОСТ 2.721-74, 2.723-74, 2.727-68, 2.729-68, 2.730-73, 2.743-91, 2.745-68, 2.747-68, 2.721-74, 2.755-87. Буквенно-цифровые обозначения в схемах должны соответствовать требованиям ГОСТ 2.710-81.

Спецификации к чертежам и перечни элементов к схемам выполняют по нормам ЕСКД и помещают в РПЗ в раздел «Приложения».

Чертежи и схемы курсового проекта должны иметь штамп (основную надпись), установленной формы [52].

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Шишмарев В.Ю. Автоматизация производственных процессов в машиностроении : учебник для студентов вузов. - М.: Академия, 2007. – 364 с.
- 2 Капустин Н.М. Комплексная автоматизация в машиностроении: учебник для студентов вузов. - М.: Академия, 2005. – 365 с.
- 3 Автоматизация производственных процессов в машиностроении : учебник для студентов вузов / Под ред. Н. М. Капустина. - М.: Высшая школа, 2004. - 416 с.
- 4 Капустин Н.М. Автоматизация машиностроения: учебник для студентов вузов. - М.: Высшая школа, 2003. – 223 с.
- 5 Волчкевич Л.И. Автоматизация производственных процессов : учебное пособие для студентов вузов. - М.: Машиностроение, 2005. – 379 с.
- 6 Основы автоматизации машиностроительного производства : учебник для вузов / Под ред. Ю. М. Соломенцева. - М.: Высшая школа, 2001. - 312 с.
- 7 Соснин О.М. Основы автоматизации технологических процессов и производств.- М.: Издательский центр «Академия», 2007. - 240 с.
- 8 Автоматизация типовых технологических процессов и установок /А.М. Корытин и др.- М.:Энергоиздат, 1988.- 432 с.
- 9 Шемелин В.К. Проектирование систем управления в машиностроении: Учебник для студентов технических вузов.- М.: Станкин, 1998.-254 с.
- 10 Курсовое и дипломное проектирование по автоматизации технологических процессов/ Ф.Я.Изаков, В.Р.Казадаев и др.- М.: Агропромиздат, 1988.- 183 с.
- 11 Роботизированные технологические комплексы и гибкие производственные системы в машиностроении: Альбом схем и чертежей: Учебное пособие для вузов /Под общ. ред. Ю.М. Соломенцева. -М.: Машиностроение, 1989.- 192 с.
- 12 Вальков В.М., Вершин В.Е. Автоматизированные системы управления технологическими процессами. -Л.: Политехника, 1991.- 269 с.
- 13 Елизаров И.А и др. Технические средства автоматизации. Программно-технические комплексы и контроллеры: Учебное пособие.- М.: Машиностроение, 2004.- 180 с.
- 14 Кругляк К. Промышленные сети: цели и средства // Современные технологии автоматизации.- 2002.- №4, с.6-16.
- 15 Гусев С. Краткий экскурс в историю промышленных сетей // Современные технологии автоматизации.- 2000.- №4, с.78-84.
- 16 Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справочное пособие /Под ред. А.С. Ключева. -М.: Энергоатомиздат, 1990.- 464 с.
- 17 Емельянов А.И., Копник О.В. Проектирование автоматизированных систем управления технологическими процессами.- М.: Энергия, 1974.- 499 с.
- 18 Справочник проектировщика АСУТП / Под ред. Г.Л. Смилянского.- М.: Машиностроение, 1983.- 527 с.
- 19 Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами / Под ред. В.И. Круповича и др.- М.: Энергоиздат, 1982.- 416 с.

- 20 Ключев А.С. Техника чтения схем автоматического управления и технологического контроля.- М.: Энергоиздат, 1983.- 376 с.
- 21 Иващенко Н.Н. Автоматическое регулирование. Теория и элементы систем.- М.: Машиностроение, 1973.- 606 с.
- 22 Руководство по проектированию систем автоматического управления / Под ред. В.А. Бесекерского.- М.: Высш. шк, 1983.- 296 с.
- 23 Наладка средств автоматизации и автоматических систем регулирования: Справочное пособие / Под ред. А.С.Ключева.- М.: Энергоатомиздат, 1989.
- 24 Емельянов А.И. и др. Практические расчёты по автоматике. - М.: Машиностроение, 1967.- 316 с.
- 25 Разработка и оформление конструкторской документации радиоэлектронной аппаратуры: Справочник /Под ред. Э.Т. Романычевой.- М.: Радио и связь, 1989.- 448 с.
- 26 Сбродов Н.Б. Расчет характеристик двухпозиционных систем автоматического регулирования: Методические указания к практическим занятиям. – Курган: КГУ, 2012.
- 27 Сбродов Н.Б. Исследование характеристик систем автоматического регулирования температуры на базе регулирующего программируемого контроллера: Методические указания к выполнению лабораторной работы.– Курган: КГУ, 2012.
- 28 Сбродов Н.Б. Разработка систем управления технологическими процессами на базе программируемых контроллеров: Методические указания к практическим занятиям. – Курган: КГУ, 2012.
- 29 Сбродов Н.Б. Электрические средства автоматизации: Методические указания и контрольные задания для студентов заочной формы обучения.- Курган: КГУ, 2010
- 30 Сбродов Н.Б. Разработка систем логико-программного управления дискретными технологическими объектами на базе ПЛК: Методические указания к практическим занятиям. – Курган: КГУ, 2012.
- 31 Сбродов Н.Б. Основы программирования контроллера ОВЕН ПЛК100 на языке LD: Методические указания к выполнению лабораторной работы для студентов специальности (направлений) 220301, 220400.62, 220700.62.– Курган: КГУ, 2012.
- 32 Сбродов Н.Б. Программирование контроллера модели ZEN фирмы OMRON в программной среде ZEN SUPPORT SOFTWARE: Методические указания к выполнению лабораторной работы для студентов специальности (направлений) 220301, 220400.62, 220700.62.– Курган: КГУ, 2012.
- 33 Сбродов Н.Б. Программирование микроконтроллера в инструментальной системе CoDeSys: Методические указания к выполнению лабораторной работы для студентов направления 220700.62.– Курган: КГУ, 2013.
- 34 Сбродов Н.Б. Проектирование программ управления последовательными технологическими процессами в инструментальной системе CoDeSys: Методические указания к выполнению лабораторной работы для студентов направления 220700.62.– Курган: КГУ, 2013.

- 35 Сбродов Н.Б. Программирование контроллера CP1L компании OMRON в программном комплексе CX-PROGRAMMER: Методические указания к выполнению лабораторной работы для студентов направления 220700.62.– Курган: КГУ, 2013.
- 36 Сбродов Н.Б. Проектирование программ управления автоматизированной модульной производственной системой: Методические указания к выполнению лабораторной работы для студентов направления 220700.62.– Курган: КГУ, 2014.
- 37 Сбродов Н.Б. Автоматизация технологических процессов и производств: Задания к курсовому проектированию. – Курган: КГУ, 2011
- 38 Петров И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного программирования.- М.: СОЛОН-Пресс, 2004.- 256 с.
- 39 Минаев И.Г., Самойленко В.В. Программируемые логические контроллеры: практическое руководство для начинающего инженера.- Ставрополь: АРГУС, 2009. – 100 с.
- 40 Митин Г.П., Хазанова О.В. Системы автоматизации с использованием программируемых контроллеров: Учебное пособие.- М.: ИЦ МГТУ «Станкин», 2005.- 136 с.
- 41 Харазов В.Г. Интегрированные системы управления технологическими процессами .- СПб.: Профессия, 2009.- 592с.
- 42 Денисенко В.В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием. – М.: Горячая линия-Телеком, 2009.- 608 с.
- 43 Чернов Е.А. Проектирование станочной электроавтоматики.- М.: Машиностроение, 1989.- 304 с.
- 44 Мишель Э. и др. Программируемые контроллеры /Пер. с фран.-М.: Машиностроение, 1986.- 172 с.
- 45 Спектор С.А. Электрические измерения физических величин. Методы измерения.-Л.: Энергоатомиздат, 1987.
- 46 Лебедев А.М. и др. Следящие электроприводы станков с ЧПУ. -М.: Энергоиздат, 1988.-223 с.
- 47 Алиев И.И. Электрические аппараты: Справочник.– М.:РадиоСофт, 2004.– 256 с.
- 48 Электрические и электронные аппараты: Учебник для вузов / Под ред. Ю.К.Розанова.–М.:Информэлектро, 2001.– 412 с.
- 49 Чунихин А.А. Электрические аппараты: Общий курс. – М.: Энергия, 1988. – 720 с.
- 50 Михайлов О.П., Стоколов В.Е. Электрические аппараты и средства автоматизации.- М.: Машиностроение, 1982.- 183 с.
- 51 Усов А.А., Светников В.А. Станочные гидроприводы: Справочное пособие.- М: Машиностроение, 1982.- 212 с.
- 52 Проекты (работы) дипломные и курсовые. Правила оформления: Руководящий материал А.И. Смолин и др.- Курган: Изд-во Кург. гос. ун-т, 1996.- 27 с.

- 53 Датчики теплофизических и механических параметров: Справочник в трех томах. Т.1 (Кн.1) / Под общ. Ред. Ю.Н.Коптева.- М.: Изд-во ИПРЖР, 1998.- 458 с.
- 54 Датчики теплотехнических и механических величин: Справочник / А.Ю.Кузин, П.П.Мальцев.- М.: Энергоатомиздат, 1996.
- 55 Температурные измерения: Справочник / Под ред. О.А.Герашенко.- Киев: Наук. думка, 1989.- 704 с.
- 56 Бунин В., Аноприенков В. SCADA-системы: проблемы выбора // Современные технологии автоматизации.- 1999.- №4.- С.6-24.
- 57 Локотков А. Что должна уметь SCADA // Современные технологии автоматизации.- 1998.- №3.- С.44-46.
- 58 <http://www.insat.ru>
- 59 <http://www.etalonomsk.ru>
- 60 <http://www.stenli.com>
- 61 <http://www.tpchel.ru>
- 62 <http://www.owen.ru>
- 63 <http://www.prosoft.ru>
- 64 <http://www.scaime.ru>
- 65 <http://www.zeim.ru>
- 66 [http://www.radiofiles.ru/news/ehlektrodivigateli\\_asinkhronnye/2010-07-06-648](http://www.radiofiles.ru/news/ehlektrodivigateli_asinkhronnye/2010-07-06-648)
- 67 <http://www.electronpo.ru/production>
- 68 <http://www.electronpo.ru/electrodivigateli-ais-din>
- 69 <http://www.iek.ru>
- 70 <http://www.automation-drives.ru/products/>
- 71 <http://www.siemens.com>
- 72 <http://www.omron.ru>
- 73 <http://www.prosoft.ru/products/brands/omron/>
- 74 <http://www.schneider-electric.ru>
- 75 <http://www.ste.ru>
- 76 <http://www.etehnika.ru/catalog/>
- 77 [http://www.etk.spb.ru/predohran\\_nizk.html](http://www.etk.spb.ru/predohran_nizk.html)
- 78 <http://www.festo.com/>
- 79 <http://www.cta.ru>

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Курганский государственный университет»

Кафедра автоматизации производственных процессов

## КУРСОВАЯ РАБОТА

### расчетно-пояснительная записка

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

(Тема)

Дисциплина Автоматизация технологических процессов и производств

Студент \_\_\_\_\_

Группа \_\_\_\_\_

Руководитель \_\_\_\_\_

Комиссия \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Оценка \_\_\_\_\_

Дата защиты \_\_\_\_\_

Курган 20\_\_

Сбродов Николай Борисович

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ**

Методические указания  
к курсовому проектированию  
для студентов направления 220700.62  
(очная и заочная форма обучения)

Авторская редакция

---

Подписано в печать 26.02.15	Формат 60x84 1/16	Бумага 65 г/м <sup>2</sup>
Печать цифровая	Усл. печ. л. 2,0	Уч.-изд. л. 2,0
Заказ 42	Тираж 25	Не для продажи

---

РИЦ Курганского государственного университета.  
640000, г. Курган, ул. Советская, 63/4.  
Курганский государственный университет.