



## **ПРЕДИСЛОВИЕ**

Предлагаемое вниманию читателей учебное пособие подготовлено на основе авторского курса лекций «Автоматизированные информационно-управляющие системы», изданных пособий: «Проектирование АСУТП», «Автоматизированные системы управления технологическими процессами и техническими объектами», «Проектирование АСУТП в SCADA-системе Trace Mode», «Практикум по автоматизированным информационно-управляющим комплексам и системам» и второй части книги Пьявченко Т. А., Финаев В. И. «Автоматизированные информационно-управляющие системы» : Учебное пособие. — Таганрог : Изд-во ТРГУ, 2006. — 268 с.

Материал учебного пособия распределен по 9 главам, имеет введение и приложения. Первые пять глав посвящены как общим вопросам построения и функционирования АИУС (глава 1), так и более углубленному рассмотрению нижнего уровня иерархии — локальных систем управления технологическим процессом от идентификации объекта управления, сбора и первичной обработки информации (глава 2), синтеза алгоритма управления (глава 3) до выбора комплекса технических средств (глава 4) и функциональных схем автоматизации (глава 5). В главе 3 вопросы, связанные с синтезом алгоритмов управления для систем с согласованными полюсами (п. 3.3.6) и синтезом редуцированного управления (п. 3.3.7), разработаны и описаны д-ром техн.наук, профессором А. Р. Гайдуком.

Глава 6 посвящена особенностям проектирования АИУС в SCADA-системе Trace Mode. При этом приводится краткое описание интегрированной среды разработки проекта в SCADA-пакете, рассматривается обмен данными, даются рекомендации по формированию архивов, отчета тревог и графического человека-машинного интерфейса (автоматизированного рабочего места диспетчера).

С целью детального изучения вопросов проектирования АИУС в SCADA-системе разработан учебный тренажерный стенд «Двухуровневая автоматизированная система управления процессом нагрева», описанию и примерам работы на этом стенде посвящена глава 7. В соответствии с этапами проектирования АИУС на этом стенде студентам предлагается выполнить лабораторные работы по идентификации процесса нагрева, управлению им в соответствии с выбранным алгоритмом регулятора, разработке автоматизированного рабочего места студента-диспетчера с размещением на нем тренда регулируемых и контролируемых переменных, а также мнемосхемы технологического процесса и отчета тревог.

В главе 8 можно ознакомиться с вопросами оценки надежности, а в главе 9 — рассмотреть анализ экономической эффективности АИУС.

При подготовке пособия были использованы материалы компании AdAstra Research Group, LTD (Exchange. — 2004 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [www.adastral.ru](http://www.adastral.ru)), предоставляемые слушателям на курсах этой компании по изучению базовой версии SCADA-системы Trace Mode.

Автор выражает сердечную благодарность д-ру техн. наук, профессору А. Р. Гайдуку за внимательное прочтение рукописи и ряд ценных замечаний, способствующих улучшению ее стиля и структуры.

Автор признателен рецензентам: д-ру техн. наук, профессору, проректору по научной работе Ивановского государственного энергетического университета В. В. Тютико-ву и д-ру техн. наук, профессору, зав. кафедрой автоматики и телемеханики Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) им. М. И. Платова

В. И. Лачину за ценные замечания, способствовавшие улучшению содержания книги.

Автор надеется, что предлагаемое пособие поможет пониманию вопросов проектирования автоматизированной информационно-управляющей системы для современного производства, восприятию особенностей функционирования АИУС в инструментальной системе Trace Mode, а приведенные лабораторные работы позволят получить навыки общения с этой SCADA-системой.

Автор заранее благодарит за замечания, которые можно направлять по адресу: Институт радиотехнических систем и управления ЮФУ, кафедра САУ, пер. Некрасовский, 44, г. Таганрог, ГСП-17А, 347928.



## **ВВЕДЕНИЕ**

Автоматизированные информационно-управляющие системы (АИУС) — это человеко-машиинные системы, выполняющие наиболее эффективное управление соответствующим объектом (системой) на основе экономико-математических методов, а также новых организационных принципов управления и использующие в качестве элементов:

- средства производства (установки, оборудование, инструмент);
- предметы труда (сырье, материалы, полуфабрикаты);
- трудовые ресурсы (рабочие, инженерно-технические работники, служащие);
- техническую и технологическую документацию (чертежи, инструкции, стандарты, управляющие и отчетные документы).

С позиций системного подхода автоматизированные информационно-управляющие системы (АИУС) относятся к сложным системам. Под сложной системой предлагается понимать систему, число подсистем которой велико, а состав их разнороден [1]. Можно выделить характерные черты сложных *технических* систем, такие как:

- большой масштаб систем по числу составляющих элементов и выполняемых функций;
- наличие функциональной целостности, общего назначения и цели;
- сложная многоуровневая иерархическая структура;
- высокая степень автоматизации, определяющая известную степень самостоятельности поведения системы;

- статистически распределенные во времени внешние воздействия.

Перечисленный набор особенностей позволяет создавать интегрированные системы управления производством с распределенной иерархической структурой, в чем можно убедиться, обратив внимание на формализованную схему, представленную на рисунке В.1 [2].

В соответствии со схемой на нижнем уровне с помощью локальных систем автоматического управления (ЛСУ) осуществляется непосредственное управление технологическим объектом — технологическим агрегатом (ТА) по измеряемым координатам  $y$ . Для реализации закона управления в современных ЛСУ используются микроконтроллеры. При этом сигнал задающей переменной  $g$  формируется на более высоком уровне в зависимости от принятого критерия управления. В частности, он может быть постоянным при задании от уровня координации 4, на котором происходит распределение нагрузки на технологические агрегаты, либо изменяться в зависимости от величины функционала оптимизации на 3-м уровне управления.

Уровни управления 5-й, 4-й и 3-й можно отнести к функциям АСУП [3], поскольку современное производство



Рис. В.1

не может быть эффективным без учета потребностей рынков сбыта, качества и объема сырья, а также квалификации обслуживающего персонала.

Все перечисленные выше системы объединяет наличие автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) на нижнем уровне и АСУП (АСУ производства) на верхнем уровне управления.

АСУТП — это система, которая на базе высокоэффективной вычислительной и управляющей техники обеспечивает автоматизированное (автоматическое) управление технологическим комплексом (ТК) с использованием полученной от ТК и обработанной по заданным технологическим и технико-экономическим критериям информации. Критерии определяют качественные и количественные результаты выработки продукта. К тому же АСУТП подготавливает информацию для решения организационно-экономических задач. От управляющей части системы требуется с помощью управляющих воздействий добиться оптимального или экстремального значения критерия качества управления в условиях неизмеряемых помех, с которыми работают промышленные установки, и с учетом ограничений, накладываемых на пределы изменения некоторых переменных системы (температуры, давления, расхода топлива, качества выходного продукта и т. п.).

В качестве примера рассмотрим технологический процесс — конвертерный способ выплавки стали [3]. Конвертер служит для переработки исходного сырья (жидкий чугун и твердый металлический лом) в сталь заданной марки (с определенным химическим составом и заданной температурой при выпуске). Для охлаждения и шлакообразования (отвода вредных примесей) в конвертер загружаются также сыпучие материалы (железная руда, известняк, шпат и др.). При подаче кислорода из расплавленного чугуна выжигаются примеси и углерод, в результате эзотермических реакций повышается температура.

С точки зрения теории автоматического управления конвертер можно представить как объект управления с действующими на его входы управлениями, измеряемыми и неизмеряемыми возмущениями. При этом можно

сформулировать критерии управления и ограничения, связанные с особенностями технологического процесса (ТП) выплавки стали конвертерным способом.

Управляющими воздействиями в рассматриваемом ТП будут подача сыпучих материалов, положение кислородной фурмы, интенсивность подачи кислорода.

В качестве критерия управления для конвертерной выплавки стали может быть названо одно из двух условий:

- минимальное время плавки с обеспечением допустимых для данной марки стали пределов по температуре, содержанию углерода, серы, фосфора, марганца, кремния (ограничения);
- обеспечение по химическому составу заданной марки стали при длительности плавки в определенных временных рамках (ограничения).

В рассматриваемом ТП можно выделить помехи: а) измеряемые — изменения давления и чистоты продуваемого кислорода, состава чугуна, заливаемого в конвертер; б) неизмеряемые — неоднородность состава и неточность взвешивания загружаемых материалов, неточность других измерений, температура кладки конвертера.

Значение критерия управления зависит от химического состава металла, скорости выгорания примесей и температуры в конвертере. Чтобы измерить эти величины, необходимо прекратить подачу кислорода и наклонить конвертер. На эту процедуру уходит 5–7 мин, в то время как вся продувка занимает 15–25 мин. Каждый замер ухудшает значение критерия управления. Вот почему при разработке АИУС ставится задача: увеличить число плавок, попадающих в заданную марку стали с первой повалки (с первого наклона конвертера в горизонтальное положение). В современных производствах, чтобы избежать повалки конвертера, химический состав металла определяется по химическому составу отходящих дымовых газов.

Различные подсистемы АСУТП, системы коммерческого и технического учета, системы телемеханики основного производства и системы автоматизации вспомогательных производств осуществляют наполнение данными

автоматизированных систем оперативно-диспетчерского управления (АСОДУ). Комплексы АСОДУ выступают в качестве «информационного моста» между экономически-ми оценками с бизнес-планами и технологическими производственными показателями [4], объединенными следующим универсальным поколением систем управления производством — MES (Manufacturing Execution System), предназначенным для оперативной подачи руководству предприятия объективной и подробной информации, например о переходе на другие источники сырья, внедрении систем автоматизации в определенные точки технологического процесса, изменении графика поставок или сокращении ручного труда. MES — это автоматизированная система управления производственной деятельностью предприятия, которая в режиме реального времени планирует, оптимизирует, контролирует, документирует производственные процессы от начала формирования заказа до выпуска готовой продукции. Можно сказать, что MES-система — это связующее звено между ориентированными на финансово-хозяйственные операции ERP-системами и оперативной производственной деятельностью предприятия на уровне цеха, участка или производственной линии.

Системы планирования ресурсов предприятия — ERP (Enterprise Resource Planning) — служат для интеграции всех данных и процессов организации в единую систему. Для этого типичная ERP-система использует множество различных программных и аппаратных компонентов. Ключевым компонентом большинства ERP-систем является единая база данных, хранящая в себе данные различных системных модулей. Поскольку все данные хранятся в единой базе данных, то некогда отдельные приложения стали модулями единой ERP-системы, управляющими производством, цепочками поставок, финансовыми потоками, взаимоотношениями с заказчиками, трудовыми ресурсами и складами.

Следовательно, АИУС можно представить в виде пирамиды (рис. В.2), вершина которой представлена OLAP (Online Analytical Processing) — системами аналитической обработки данных в режиме реального времени, предостав-



Рис. В.2

ляющими результаты обработки руководству фирмы, предприятия или корпорации. Технология обработки данных в OLAP заключается в подготовке суммарной (агрегированной) информации на основе больших массивов данных.

Традиционная концепция создания систем управления производственными процессами предусматривает весьма ограниченную [5] формализацию этапов проектирования автоматизированных информационно-управляющих систем, считая их творческими актами, успех выполнения которых почти полностью определяется профессиональными и личностными качествами управленческого персонала. Однако современные компьютерные средства и технологии позволяют создавать высокоеффективные по точности, быстродействию и широте решаемых задач системы управления производством. При этом усложнение технологических процессов и производств требует решения задачи проектирования распределенных иерархических систем и их сквозного программирования, что объясняет появление новых компьютерных технологий, как, например, SCADA-систем, объединяющих все уровни производства.

SCADA-системы (Supervisory Control And Data Acquisition) предназначены для проектирования и эксплуатации распределенных иерархических автоматизированных систем управления. С их помощью осуществляется управление технологическими процессами в реальном времени в тесной интеграции с управлением производственным бизнесом. Среди популярных SCADA-систем, имеющих поддержку в России, можно назвать Trace Mode, Master SCADA, SIMP Light miniSCADA, SIMATIC WinCC, Citect SCADA, SCADA-система Intouch, SCADA-система PcVue. В целом по функциональным возможностям они сравнимы, поэтому главный упор при их выборе делается на качество технической поддержки, обучения пользователей и комплекса услуг по освоению и внедрению в производство [6].

Данное учебное пособие посвящено подробному изучению уже упомянутой SCADA-системы Trace Mode. Во-первых, потому что производителем является отечественная фирма, следовательно, упрощаются вопросы установки и обслуживания. Во-вторых, разработчики постоянно совершенствуют свой продукт, расширяя режим автопостроения. В-третьих, компания «AdAstra Research Group» (Россия, Москва) является крупнейшим российским производителем программ реального времени для управления промышленным производством. Бесплатную базовую версию SCADA-системы Trace Mode можно получить, обратившись на сайт фирмы-производителя: [www.adastrar.ru](http://www.adastrar.ru).

Благодаря новому пакету T-FACTORY, освоенному этой же фирмой и принадлежащему к классу MES-систем, осуществляется комплексный подход к задаче автоматизации, интеграции проектов АСУТП и АСУП. В T-FACTORY 6 решаются такие вопросы, как планирование и управление производственным циклом, расчет себестоимости выпускаемой продукции, создание материальных и энергетических балансов, расчет времени и мониторинг исполнения заказов, профилактическое техническое обслуживание и снижение простоев оборудования, учет и управление персоналом и т. д.

Монитор реального времени T-FACTORY.exe<sup>®</sup>, который является основным сервером приложений АСУП реального времени, предназначен для исполнения проектов класса:

- EAM (Enterprise Asset Management) — управление основными фондами предприятия, т. е. ремонтом и техническим обслуживанием;
- MES (Manufacturing Execution System) — управление производством;
- HRM (Human Resources Management) — управление работами персонала.

Итак, автоматизированная информационно-управляющая система — это сложная система, которая на базе высокоэффективной вычислительной и управляющей техники обеспечивает автоматизированное управление технологическим комплексом с использованием обработанной по принятым технологическим и технико-экономическим критериям информации, определяющей качественные и количественные результаты выработки продукта.

В предлагаемом учебном пособии рассмотрены все вопросы, затронутые во введении. Однако особое внимание обращается на сложные технические системы, проектирование и эксплуатация которых осуществляются с применением SCADA-систем, в частности SCADA-системы Trace Mode.

На наш взгляд, учебное пособие может быть полезно научным работникам, инженерам, магистрантам, аспирантам и студентам старших курсов технических университетов.



## **ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ**

- АИУС — автоматизированная информационно-управляющая система  
АСУТП — автоматизированная система управления технологическим процессом  
АСУП — автоматизированная система управления производством  
ТП — технологический процесс  
ЛСУ — локальная система управления  
САУ — система автоматического управления  
ЛПР — лицо, принимающее решение  
ФС — функциональная структура  
АС — алгоритмическая структура  
ТС — техническая структура  
ОС — организационная структура  
ИС — информационная структура  
ТЗ — техническое задание  
СПОИ — система первичной обработки информации  
ПОИ — первичная обработка информации  
МК — микроконтроллер  
УВК — управляющий вычислительный комплекс  
УУ — управляющее устройство  
ПКОС — параметрическая корректирующая обратная связь  
ККП — комплексный коэффициент передачи  
ПК — персональный компьютер  
МРВ — монитор реального времени  
ПКн — правая кнопка мыши  
ЛКн — левая кнопка мыши  
ОТ — отчет тревог  
ОИ — объект идентификации  
ШИП — широтно-импульсный преобразователь  
УПК — управляющий персональный компьютер  
*П.и, i (1, 2, 3)* — номер приложения  
СДУ — система дифференциальных уравнений  
ГЭ — графический элемент

# ГЛАВА 1

## ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АИУС

### 1.1. ОТЛИЧИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ОТ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Первым отличительным признаком автоматизированных систем управления (АСУ) от систем автоматического управления (САУ) является наличие в контуре человека-оператора (диспетчера), а также возможность выполнения дополнительных функций благодаря использованию современных компьютерных технологий. Наглядным примером САУ может служить одноконтурная система регулирования температуры воды на выходе теплообменника [8], которая представлена на рисунке 1.1. Вода подогревается до нужной температуры за счет тепловой энергии горячего пара.

#### СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛООБМЕННИКОМ

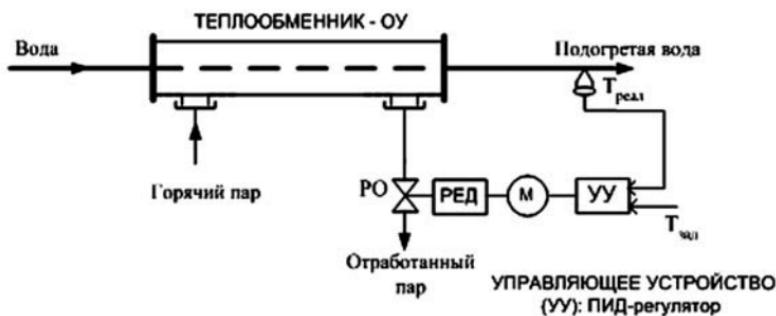


Рис. 1.1

Если реальная температура подогреваемой воды  $T_{\text{реал}}$ , измеряемая термопарой, отличается от заданной  $T_{\text{зад}}$ , то управляющее устройство УУ, состоящее из измерительного, регулирующего блоков и усилителя мощности, вырабатывает управляющее воздействие на мотор М с редуктором Ред, регулирующими отбор отработанного пара так, чтобы скомпенсировать указанную разницу.

Несмотря на то что регулирование в контуре осуществляется по ПИД закону, обеспечить максимальный КПД нагрева воды в теплообменнике без дополнительных функций и устройств в рассматриваемой системе не представляется возможным. Для этой цели рекомендуется использовать АИУС с теплообменником, функциональная структура которой показана на рисунке 1.2 [8]. Дополнительные датчики температуры  $T_1$  и расхода  $Q_1$  питательной воды, температуры  $T_2$  и расхода горячего пара  $Q_2$  позволяют при наличии устройств преобразования аналоговой информации

# АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА ПРОЦЕССОМ НАГРЕВА В ТЕПЛООБМЕННИКЕ

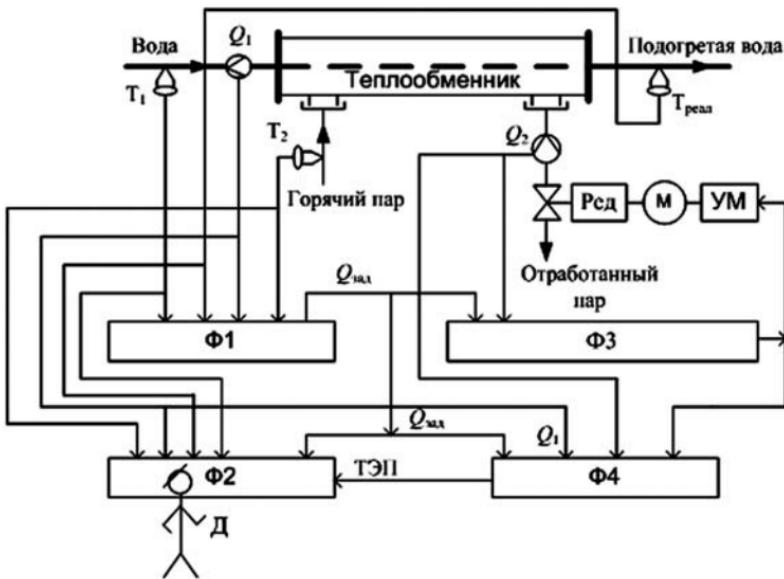


Рис. 1.2

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно  
в интернет-магазине  
«Электронный универс»  
[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)