

European Commission  
**TEMPUS**

*The devices of the digital computer engineering operating as a part of the automated control system which are used for fixation of the operative information are considered.*

А. О. НИКИТЕНКОВА, БНТУ

Научный руководитель канд. техн. наук, доцент В. Ф. ОДИНОЧКО, БНТУ

УДК 693.22

## АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Автоматика (от греческого *αυτοματός* – самодельствующий) представляет собой научно-техническую отрасль, предметом которой являются методы и средства осуществления различных целенаправленных действий без непосредственного участия человека.

В рассматриваемой области – металлургическом, в частности литейном производстве, такие действия чаще всего сводятся к управлению производственными объектами, под которыми подразумевается оборудование для выполнения технологических процессов [1].

При этом термин «управление» означает такое воздействие на технологический процесс, которое обеспечивает желаемое изменение его внутреннего состояния, а для подвижных объектов – перемещение по заданной траектории в пространстве и времени.

Технической базой автоматизации служит механизация производства, заменяющая физический труд человека. Однако если ограничиваются только механизацией, то за человеком сохраняются функции управления, представляющие продукт мыслительной деятельности производственного персонала. Автоматизация процессов управления в значительной степени сокращает персонал и освобождает его от этих функций, обеспечивая при этом следующие преимущества: рост производительности труда; повышение качества продукции и ее конкурентоспособности; сокращение затрат сырья, топлива, электроэнергии; повышение культуры производства.

В общей структуре АСУ ТП (рис. 1) [2] объектом является как отдельный производственный агрегат, так и некоторый взаимосвязанный их комплекс (поточная линия, участок цеха или цех). На

выходах объекта располагаются датчики Д1 ... Дп для получения оперативной информации о технологических параметрах объекта. Входы объекта оборудуются исполнительными механизмами ИМ1... ИМК для ввода управляющих воздействий.

Управляющий вычислительный комплекс (УВК) работает как обычный многоканальный регулятор. Однако с целью повышения надежности системы в процессе ее эксплуатации возможен вариант, когда управляющие воздействия на объект вводятся не непосредственно, а на датчики локальных стабилизирующих регуляторов.

Изображенный на рис. 1 коммутатор служит для переключения входных (информационных) и выходных (управляющих) каналов связи, а специальное устройство сопряжения с объектом (УСО) предназначено для преобразования информационных и управляющих сигналов.

Для компьютера как цифрового вычислительного устройства входные и выходные сигналы имеют вид цифровых кодов. В то же время от датчиков поступают сигналы в аналоговой форме, т. е. в виде непрерывно изменяющихся токов или напряжений. Для преобразования таких сигналов в цифровую форму служат аналого-цифровые преобразователи (АЦП), а преобразование цифровой информации с выхода компьютера в аналоговые силовые воздействия (достаточно мощные токи и напряжения для привода исполнительных механизмов) осуществляют цифро-аналоговые преобразователи.

Помимо чисто управляющих функций, компьютер в составе АСУ ТП в период между выдачей управляющих воздействий на объект может выполнять ряд расчетов, например определения оптимального состава плавильных шихт, опти-

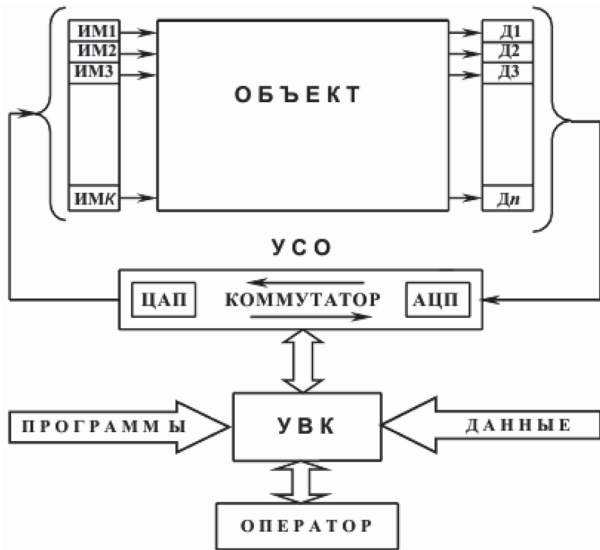


Рис. 1. Пример структурной схемы АСУ ТП

мального освежения оборотных литейных материалов, оптимальных значений технологических параметров на основании статистического анализа производственных данных и др. Результаты этих расчетов оперативно используются в процессе управления.

Отметим, что при значительной расчетной нагрузке управляющей системы с целью борьбы с ее усложнением применяют прием декомпозиции. Одним из ее решений служит переход от одно-к многоуровневой (иерархической) структуре АСУ ТП, при которой на нижнем уровне осуществляется непосредственное управление объектами, а верхний уровень на базе отдельных компьютеров, связанных с нижним уровнем, загружается задачами, обеспечивающими наиболее благоприятные условия функционирования АСУ ТП в целом [3].

Устройства цифровой вычислительной техники, действующие в составе АСУ ТП, используются также для фиксации всей оперативной информации и ее наглядного отображения в документах, экранных окнах, табло. Эти же устройства приводят в действие предупредительную и аварийную сигнализацию.

В отличие от чисто технической направленности рассмотренных АСУ ТП автоматизированные системы управления предприятием (АСУП) предназначены для управления работой коллективов людей, обеспечивающих производство, в том числе и нижестоящий уровень управления в виде АСУ ТП.

АСУ управления литейным предприятием строится по иерархической схеме (рис. 2) [4], которая выработана практикой и является результатом декомпозиции (разложения) сложной задачи управления на систему подзадач по определенным уровням иерархии.

На высшем уровне 1 осуществляется планирование работы предприятия в соответствии с директивами вышестоящих организаций и с учетом научно-технического прогресса, развития предприятия и его подразделений, тенденций к изменению спроса на продукцию.

На уровне 2, согласно содержанию портфеля заказов, производится оформление заказов, организация снабжения сырыми материалами и сбыта готовой продукции, учет простоев оборудования и технико-экономических показателей, планирование текущих ремонтов, составление оптимальных графиков грузопотоков и загрузки оборудования, выбор рациональной технологии и оптимальных режимных параметров оборудования.

На уровне 3 в соответствии с материалами вышестоящего уровня решаются задачи координации действий отдельных подразделений предприятия и готовится база для оптимального управления путем моделирования ситуаций и обработки массивов специальной информации.

Низшим уровнем 4 в иерархической структуре АСУП является уровень АСУ ТП, к которому примыкают системы автоматизированного проектирования САПР литейной технологии и автоматизированные системы научных исследований (АСНИ), сопряженные с теми же технологическими объектами управления (ТОУ).

АСНИ призваны систематически контролировать технологические параметры производственных процессов, осуществлять статистические исследования, прогнозировать тенденции динамики технико-экономических показателей и в особенности качества продукции на основе пооперационно-

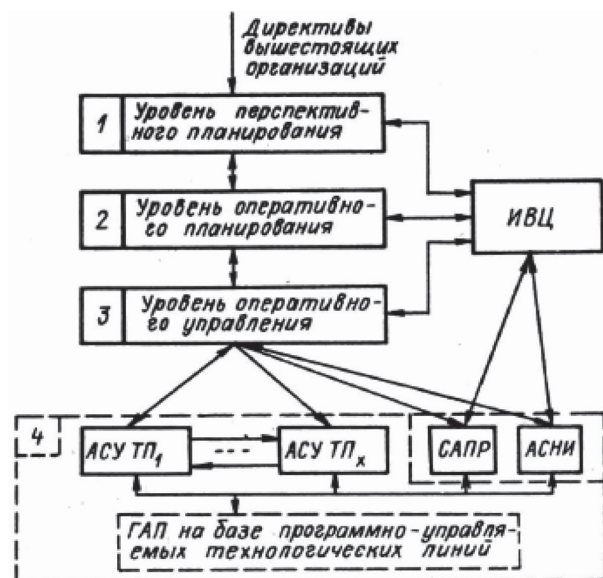


Рис. 2. Иерархическая структура АСУП литейного предприятия

го контроля, синтезировать математические модели и путем моделирования (вычислительного эксперимента) выявлять возможные режимы оптимизации технологии на различных участках литейного производства [3].

САПР с использованием математических моделей, стандартов и технических условий, мощных графопостроителей и других средств призваны оказывать помощь производственному персоналу в оперативной разработке технологических процессов и всей необходимой документации, включая рабочие чертежи и схемы, обеспечивая быструю переналадку автоматических линий при переходе к новым видам продукции. Намечилась тенденция к объединению специализированных АСУ ТП отдельных производств и АСУП в форме интегрированной АСУ (рис. 3) [5].

Подобная интеграция, кроме непосредственных функций – координирования работы составляющих АСУ, позволяет на основе информационного обмена между компьютерами резко уменьшить объемы массивов информации, сократить время ее поиска, сократить необходимость дублирования информации и снизить численность обслуживающего персонала. Информация из цехов предприятия через локальные вычислительные сети регулярно поступает в АСУП обо всех видах работ, о поступлении сырья, отгрузке полуфабрикатов или готовой продукции.

В АСУП производится также множественный учет массивов личного состава, основных фондов, норм и фактического расходования материалов; осуществляются расчеты заработной платы, амортизационных отчислений и подготовка платежных ведомостей.

Любой из показателей директором завода, начальниками цехов и служб может быть вызван на экран монитора, а система показателей в форме таблиц или графиков использована для анализа производственной ситуации и принятия решений по необходимой коррекции процессов управления производством в целом и на отдельных его этапах.

Эффективность работы интегрированной АСУП характеризуется рядом критериев [5].

Экономические критерии в обобщенной форме можно представить в виде приведенного дохода:

$$D_{\text{пр}} = \sum_i^n C_i P_i - Z_3 - E_n K_t \rightarrow \max,$$

где  $C_i$  – отпускная цена отливок, руб.;  $P_i$  – производство отливок за период времени  $t$ , шт.;  $Z_3$  – эксплуатационные затраты, руб.;  $E_n$  – нормативный коэффициент;  $K_t$  – капитальные затраты за тот же период времени, руб.

Росту критерия  $D_{\text{пр}}$  способствуют повышение качества отливок и снижение затрат на их производство. Недостаток критерия  $D_{\text{пр}}$  и других критериев чисто экономического характера заключается в неполной его конкретизации применительно к управлению техническими системами.

Поэтому в последнее время все более широко используют комбинированные технико-экономические критерии, из которых определенными преимуществами обладают удельные затраты:

$$S = S_1/S_2,$$

где  $S_1$  – затраты на потребляемые сырье и энергию;  $S_2$  – мера выпуска продукции за время  $t$ ;

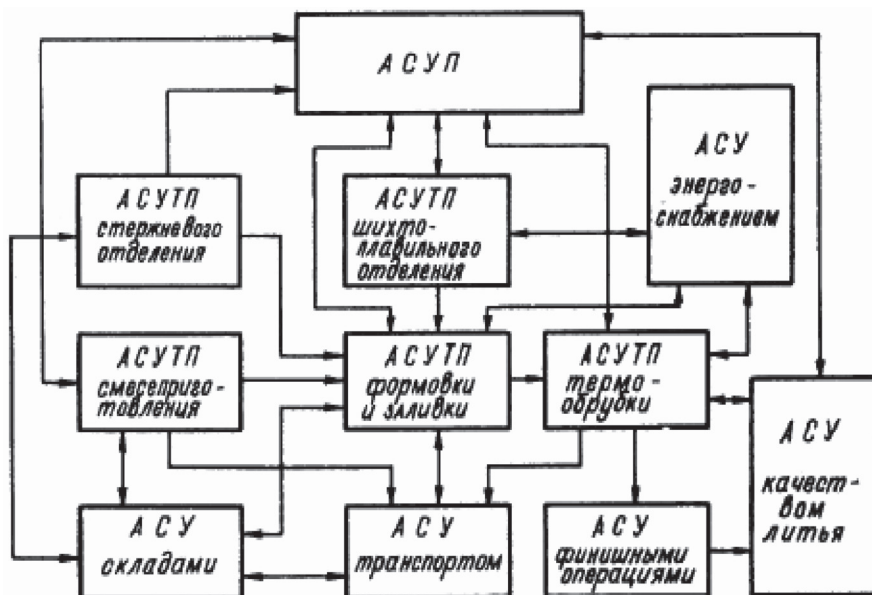


Рис. 3. Структурная схема интегрированной АСУ литейным предприятием

$$S_1 = \int \sum_{i=0}^k (Q_i + E_i S_{ei} + n_i S_{ni}),$$

$$S_2 = \int \sum_{i=0}^k (K_k K_c Q_{lj}) dt,$$

где  $Q_i$  – расход материалов (включая шихтовые, формовочные, стержневые, отработанную смесь и возврат литья);  $E_i$  – расход энергии (электрической, сжатого воздуха);  $S_{ei}$ ,  $S_{ni}$  – стоимость единиц сырья, энергии и очистных работ соответственно;  $n_i$  – число отливок, подвергающихся очистке;  $k$  – общее число отливок, произведенных за время  $t$ ;  $Q_{lj}$  – производительность цеха (участка) по отливкам вида  $j$  за то же время;  $K_k$  – коэффициент качества отливок (в идеальном случае  $K_k = 1$ , при снижении качества  $K_k$  уменьшается);  $K_c$  – коэффициент сложности отливки (для наиболее сложной отливки  $K_c = 1$ , а для отливок меньшей сложности  $K_c < 1$ ) [4].

Одним из важнейших ограничений является условие

$$\sum_{i=1}^k Q_{lj} \geq Q_3,$$

где  $Q_3$  – заданная производительность цеха (участка).

Задача оптимального управления производством отливок в целом подразделяется на ряд под-

задач оптимального управления составляющими общего производственного процесса виде технологических процессов шихтовки, плавки, смесеприготовления, формовки, заливки форм, очистки поверхности отливок и др. на отдельных участках литейного цеха. При этом для автоматизированного управления качеством отливок используются технические средства оценки показателей качества: массы и размеров отливок, глубины пригарных корочек, шероховатости поверхности, механических свойств, химического состава, внутренних дефектов и др. При обнаружении отклонений от заданных значений показателей качества на каждой стадии технологического процесса управляющий вычислительный комплекс вырабатывает необходимые управляющие воздействия на процесс производства отливок.

В соответствии с современными тенденциями обеспечения наибольшей живучести технических систем управления специализированные АСУТП на отдельных участках функционируют независимо друг от друга (децентрализованная структура АСУТП), но их работа координируется центральным компьютером АСУ ТП литейного цеха.

Внешние связи на современном уровне осуществляются через Интернет и с использованием электронной почты.

### Литература

1. Дембовский В. В. Автоматизация литейных процессов. Л.: Машиностроение, 1989.
2. Дембовский В. В. Автоматизация управления производством: Учеб. пособ. СПб.: СЗТУ, 2004.
3. Дембовский В. В. Моделирование и оптимизация технологических систем и процессов. Оптимизация литейных процессов с применением ЭВМ. Л.: СЗПИ, 1991.
4. Глинков Г. М., Климовицкий М. Д. Теоретические основы автоматического управления металлургическими процессами. М.: Металлургия, 1985.
5. Дембовский В. В. Моделирование и оптимизация технологических систем и процессов. Математическое моделирование литейных процессов с применением ЭВМ. Л.: СЗПИ, 1991.