

Объектно-структурированная АСУ ТП мукомольного завода

Андрей Рыженко, Евгений Свирид

В статье описана объектно-ориентированная информационная структура АСУ ТП мукомольного завода, позволяющая упростить тиражирование и модернизацию аналогичных систем управления.

Введение

Настоящая статья посвящена отдельным аспектам проблемы тиражирования и модернизации АСУ ТП, связанным со структуризацией информационно-программного обеспечения. Вряд ли существует такая АСУ ТП, которая может быть перенесена на однотипный промышленный объект без той или иной доработки. При таком переносе надо учесть особенности технологического процесса и, что не менее важно, использовать те новые свойства операционных систем и технических средств, которые появились на рынке. Хорошо известным методом решения этой проблемы является объектная структуризация системы управления. Чаще всего в виде объекта представляют какой-либо технологический узел; внутри этого объекта происходят все действия по обработке сигналов и управлению этим узлом, от получения сигнала до представления информации оператору. На уровне такой абстракции легко komponуются нужные конфигурации АСУ ТП, однако при необходимости использования каких-либо новых устройств связи с объектом или новых свойств операционной системы программное обеспечение всех таких объектов приходится переделывать.

Более гибким является вариант, при котором на объекты делится процесс информационного преобразования сигналов внутри системы управления. В физических системах такое деление естественным образом существует между устройством связи с объектом, представляющим сигналы в определенном виде, приборами, изменяющими динамику сигналов, вычисляющими и представляющими инженерные величины

контролируемых параметров, а также вычислительными средствами, обрабатывающими группы инженерных параметров с целью адаптации к восприятию оператора и управления процессами. Однако для применения такого варианта структуризации необходимо удовлетворить требование высокой скорости обмена информацией между программными приложениями, находящимися как в одной, так и в различных ПЭВМ вычислительной сети предприятия. Еще три-четыре года назад существовавшие методы межзадачного взаимодействия и характеристики вычислительной техники не позволяли удовлетворить это требование. В настоящее время, благодаря развитию методов межзадачного взаимодействия с помощью COM и DCOM среды Windows NT, а также событийной обработки информации при применении метода раннего связывания (early bounding), эту проблему можно считать практически решенной.

За небольшими исключениями, обусловленными пока еще низким быстродействием DCOM, в полном объеме подобный объектный принцип построения систем управления использован при разработке АСУ ТП мукомольного завода. Преимуществами этой реализации АСУ ТП являются независимость от типов устройств связи с объектом, простота поэтапного наращивания как информационных слоев, так и технологических задач управления, упрощение модернизации и тиражирования систем управления.

Мукомольный завод как объект управления

Типовая структура мукомольного завода включает элеватор, зерноочистительное и размольное отделения.

Зерно из элеватора поступает в зерноочистительное отделение, где оно очищается и увлажняется. В размольном отделении зерно измельчается вальцовыми станками, а продукты измельчения просеиваются. Мелкие фракции являются готовой продукцией, а крупные последовательно измельчаются до достижения нужного гранулометрического состава.

Основные задачи управления технологическим процессом

1. Стабилизация технологических показателей подаваемого в размол зерна.

Обеспечивает стабильные нагрузки на технологическое оборудование размольного отделения. Дает возможность оператору настроить процесс измельчения зерна и промежуточных продуктов размола таким образом, чтобы максимизировать выработку муки высшего сорта.

2. Оперативный контроль процесса размола.

Информация о текущих величинах выработки готовой продукции, показателя эффективности процесса и статистической взаимосвязи качества измельчаемого зерна с выходами и качеством готовой продукции является основой для успешной настройки процесса размола.

3. Сокращение времени простоев за счет быстрого пуска оборудования и предупреждения аварий технологических машин.

В технологическом процессе завода задействовано около двух сотен технологических машин. Время ручного пуска или останова завода составляет 20-30 минут. Авария какой-либо машины приводит к ее засыпке пото-

ком продукта, а отключение оборудования и устранение последствий аварии занимает в среднем час. Статистическая оценка потерь времени на десяти заводах от аварий и других причин составила около 20 часов в месяц, что эквивалентно потере примерно 200 тонн продукции.

На рис. 1 показаны внешний вид мукомольного завода и структура задач, решаемых АСУ ТП в его подразделениях.

Целью управления мукомольным заводом является максимальное увеличение выработки высоких сортов муки. Оценка потенциала роста выручки от внедрения современной АСУ ТП, проведенная на основании статистики эффективности работы однотипных заводов (так называемый типовый проект производительностью 250 тонн зерна в сутки) составляет около 120000 долларов США в год. На территории России находится около сотни таких заводов.

Особенности объекта управления

На мельнице можно выделить два основных объекта управления: зерноочистительное и размольное отделения. Зерноочистительное отделение осуществляет подготовку зерна к помолу. Динамические характеристики возмущающих воздействий в зерноочистке отличаются невысокой скоростью. Так, например, основной спектр естественных колебаний влажности поступающего из элеватора зерна лежит в диапазоне 0,04–0,001 Гц, а удовлетворительное время переходного процесса подачи воды в зерно при скачкообразном изменении задания составляет 40–60 секунд. Динамика процессов регулирования расхода зерна имеет примерно те же характеристики.

Процесс размола практически не контролируется техническими средствами измерений. Управление объектом осуществляется вручную изменениями межвальцовых зазоров на вальцовых станках, измельчающих зерно и промежуточные продукты размола. Для контроля всего процесса используются порционные весы с периодом срабатывания в десятки секунд, а в состав контролируемых параметров размола входят показатели, получаемые в ходе лабораторного анализа. Процесс перенастройки размола на оптимальный режим может составлять несколько часов.

Из сказанного видно, что в мукомольном производстве переходные процессы довольно медленные, а авто-



Рис. 1. Структура задач управления мукомольным производством

матическое управление пока ограничивается стабилизацией физико-технологических показателей зерна, поступающего в размол.

Основные принципы построения АСУ ТП мукомольного завода

В основе системы лежит набор объектов, иерархия которых определяется порядком получения и обработки сигналов. На рис. 2 показаны основные информационные слои АСУ ТП мукомольного завода.

Уровень аппаратных сигналов

На этом уровне производится сбор информации от технических средств контроля и управления. Информационный интерфейс этого уровня не зависит от типа примененного устройства связи с объектом управления (УСО). Для Подольского завода было выбрано УСО фирмы Advantech ADAM-5000 с интерфейсом RS-485. Возможности этого интерфейса полностью удовлетворяли проектным требованиям, кроме того, аппаратура с этим интерфейсом самая дешевая. Три сети контроллеров ADAM-5000 обслуживаются одинаковыми программными серверами, которые осуществляют первичную обработку и отображение информации. Необходимость ис-



Рис. 2. Структура информационных уровней АСУ ТП мукомольного завода

пользования нескольких сетей была обусловлена топологией предприятия и повышенными требованиями к динамике контуров аналогового регулирования. Интерфейс сервера ADAM-5000 представляет сигналы в их естественном виде. Исходные данные для установки и работы сервера находятся в реестре Windows. После запуска сервера производится опрос всех устройств ADAM-5000 и при отсутствии связи или несовпадении номенклатуры устройств с той, которая задана в базе данных, выводится сообщение об ошибке. После этого сервер опрашивает все модули через заданный период времени. В автономном наладочном режиме возможно исполнение команд ADAM-5000 с регистрацией ответов контроллера, для установки скорости связи в диалоговом режиме оператору предлагается выполнить стандартный набор действий.

Уровень инженерных сигналов

Этот уровень представлен программными серверами аналоговых регуляторов, весов и дискретных дозаторов и сервером сменного времени. Эти серверы получают информацию от интерфейса серверов ADAM-5000, производят

обработку и фильтрацию сигналов, вырабатывают управляющие и сигнализирующие воздействия, которые через интерфейс серверов ADAM-5000 поступают на исполнительные устройства. Интерфейсы серверов этого уровня поставляют пользователям программам информацию в размерности контролируемых параметров (расход в единицу времени, суммарная выработка и т.п.). Эти же серверы осуществляют регистрацию событий с записью их в текстовые файлы и базу данных, а также накопление информации для ее последующей статистической обработки.

Сервер сменного времени представляет собой часы, начало суток которых смещено на время начала первой смены. Он необходим для привязки событий ко времени работы отдельных смен. Кроме того, он вырабатывает сообщения для инициализации периодических действий персонала: отбора проб, проведения анализов, формирования отчетов и т.п.

Сервер аналоговых регуляторов производит фильтрацию поступающего аналогового сигнала от сервера ADAM дискретным фильтром первого порядка, визуально и аппаратно сигнализи-

рует о выходе параметра за заданные пределы и осуществляет управление контролируемым параметром по ПИ-закону регулирования. В окне сервера имеются все необходимые средства для установки заданий и параметров сигнализации и регулирования. Диаграмма переходного процесса позволяет контролировать его качество и искать оптимальные настройки с помощью интегрального критерия качества переходного процесса. На рис. 3 показано оформление окна сервера аналоговых регуляторов.

Сервер весов и дискретных дозаторов принимает от сервера ADAM сигнал опрокидывания ковша весов и время между последовательностью этих сигналов. На основании этой информации он вычисляет суммарную выработку и расход продукта. Он также вычисляет привязанную ко времени работы отдельных смен статистическую информацию об этих параметрах. Кроме выполнения процедур контроля над отвесами весов, сервер управляет дискретными дозаторами, устанавливая темп опрокидывания дозатора, исходя из заданной производительности.

Уровень технологических объектов управления

Он представлен программным сервером технологических машин завода и пользовательскими программами, осуществляющими связь оператора с процессом. Интерфейс сервера машин представляет информацию о состоянии машины в терминах «выключена», «включается», «включена», «выключается», «авария», «параметр». Интерфейс принимает команды от клиентской программы на включение и отключение отдельных машин, а получая информацию от сервера ADAM и сервера регуляторов, он определяет состояние машин и передает данные о случившихся с машиной событиях своим клиентам. Кроме того, он самостоятельно отключает при аварии отдельной машины необходимый набор технологического оборудования завода. Сервер производит регистрацию событий в базе данных и текстовых файлах. На рис. 4 представлено окно сервера машин. Информацию о составе машин и их датчиках сервер машин получает из базы данных. В верхнем окне регистрируются все события, произошедшие с машинами с момента включения системы. В нижнем окне фиксируются

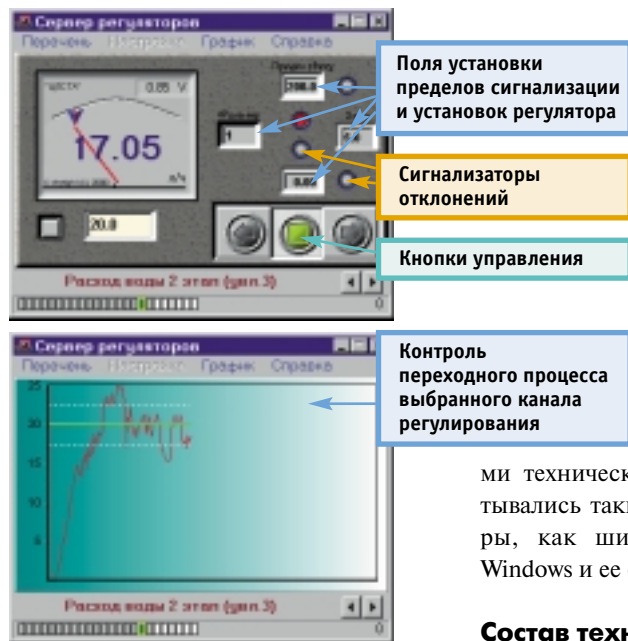


Рис. 3. Окно сервера аналоговых регуляторов

операции сервера. При разрыве связи сервера машин с сервером ADAM или командой оператора сервер машин может быть переведен в режим имитации. Пользовательские программы, работающие с этим сервером, графически отображают состояния машин и выдают нужные команды. При проектировании визуального интерфейса пользовательских программ применялся принцип выдачи оператору только того минимума информации, который достаточен для принятия решений при управлении процессом. Однако это не значит, что оператор ограничен в получении более подробных данных. Для этого ему необходимо обратиться к серверу, который снабжает прикладную программу информацией, и получить от него нужные данные.

Преимущества и недостатки выбранной структуры

Очевидным преимуществом такой трехслойной информационной структуры является независимость задач каждого информационного уровня от конкретной реализации сервера и аппаратных средств. Недостатком является пока еще низкое быстродействие, особенно при применении DCOM. Однако этот недостаток в данное время частично устраняется путем выбора соответствующих технических средств, а в дальнейшем исчезнет при совершенствовании техники и операционной системы. Для нормальной работы систем управления на мукомольном заводе достаточно использовать Pentium 220 с 64 Мбайт оперативной памяти.

В качестве операционной системы была выбрана Windows NT фирмы Microsoft. Эта операционная система удовлетворяла требованиям «реального времени» мукомольного завода даже с учетом применения позднего связывания (late binding) ActiveX серверов и DCOM. Кроме того, наряду с обязательными техническими требованиями учитывались такие немаловажные факторы, как широкое распространение Windows и ее стабильность.

Состав технических средств

При большом числе технологических машин, расположенных на нескольких этажах производственного здания, применение распределенной сети контроллеров является очевидной необходимостью. Для сокращения монтажных и эксплуатационных расходов из ACU ТП исключены всякого рода пульты и щиты, все общение оператора с системой производится через

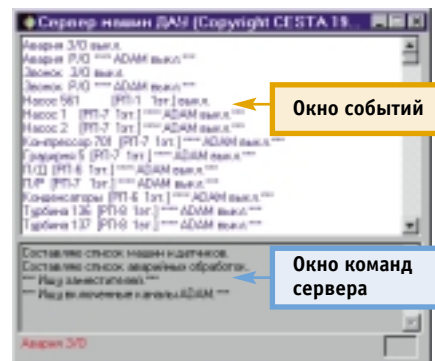


Рис. 4. Окно сервера машин

ПЭВМ. Специального оператора ПЭВМ не предусмотрено, технологический персонал использует нужные им задачи по необходимости, для сообщения о событиях выдаются речевые сообщения, транслирующиеся через громкоговоритель. Рис. 5 отражает состав технических средств системы. На нем показано размещение одного из контроллеров и промежуточных реле в электрическом распределительном пункте завода. Вся номенклатура технических средств управления свелась к контроллерам ADAM фирмы Advantech с модулями 5051, 5056 и 5017 (модули дискретного ввода-вывода и аналогового ввода) и реле фирмы



Рис. 5. Основные технические средства системы

OMRON. Контроллеры ADAM-5000 располагаются в тех электрических распределительных пунктах, в которых сосредоточены магнитные пускатели технологического оборудования и выведены сигналы датчиков, установленные на этом оборудовании.

АСУ ТП Подольского мукомольного завода

Три основные системы управления, образующие АСУ ТП предприятия, реализуют описанные принципы построения АСУ ТП.

- Система регулирования влажности зерна и времени его отволаживания в зерноочистительном отделении. АСУ ТП зерноочистительного отделения уменьшает вариацию влажности подаваемого в размол зерна до 0,2%, а времени отволаживания до 20 минут.
- Дистанционная автоматизированная система пуска, останова и обработки аварий всего мукомольного завода. Дистанционное автоматизированное управление (ДАУ) сокращает потери времени при пуске завода и его перезапуске при авариях примерно на 90%.
- Система контроля и учета готовой продукции (контроль выходов).

Кроме этих систем, АСУ ТП завода решает и другие, не описанные здесь задачи, связанные с планированием использования зерна на элеваторе и обслуживанием лабораторных приборов, имеющих выход на ПЭВМ.

АСУ ТП зерноочистительного отделения

Система решает задачи стабилизации помольной смеси зерна, времени его отволаживания, регулирования влажности и расхода подаваемого в

размол продукта. На рис. 6 показана упрощенная технологическая схема процесса. Зерно из элеватора подается в «черные» бункеры, на выходе которых дозаторами формируется помольная смесь с заданным процентным составом в два потока. Для увлажнения зерна в эти потоки подается вода. Зерно должно впитать эту воду и «отлежаться» в бункерах отволаживания, причем время прохождения потока зерна через эти бункеры должно быть стабилизировано. Такая стабилизация осуществляется регулированием расходов зерна с помощью датчиков уровня в бункерах отволаживания: при понижении уровня относительно выбранного датчика задание на расход увеличивается, а при повышении — уменьшается. Перед подачей зерна в размол оно еще раз увлажняется.

Дозатор воды для увлажнения зерна состоит из расходомера воды, крана с исполнительным механизмом и отсечного клапана для прекращения подачи воды в случае отсутствия зерна в потоке. В набор контуров автоматической системы управления входят контуры стабилизации расхода зерна и воды, контуры корректировки заданий зерна и воды по сигналам датчиков уровней и расхода зерна, а также различные блокировки при авариях технологических машин. Задания отдельным контурам регулирования определяются на основании указанного состава помольной смеси, расхода подаваемого в размол зерна, исходной и желаемой конечной влажности зерна, а также по приращенным влажности на каждом этапе отволаживания.

В состав системы управления увлажнением входят программы, показанные на рис. 7. Визуальный интерфейс пользовательской программы предоставляет поля ввода заданий и осуществляет индикацию текущих параметров выбранного процесса. Рассчитанные задания передаются серверу регуляторов, который пользуется методами и свойствами сервера ADAM для приема и передачи сигналов техническим средствам регулирования. На рис. 8 показаны программы системы регулирования расходов зерна при отволаживании. В первом окне пользовательской программы вводятся исходные задания на состав помольной смеси, соотношения потоков зерна и нагрузку на вальцовые станки первой драной системы размольного отделения. Во втором окне контролируются текущие параметры процесса, уровни зерна в бункерах, состояния датчиков уровней и расход продуктов.

Дистанционное автоматизированное управление

ДАУ решает следующие задачи:

- последовательное включение и выключение маршрутов завода;
- пуск и останов завода целиком;
- ведение журнала и статистики аварий.

В состав пользовательских программ ДАУ входят программа проектирования

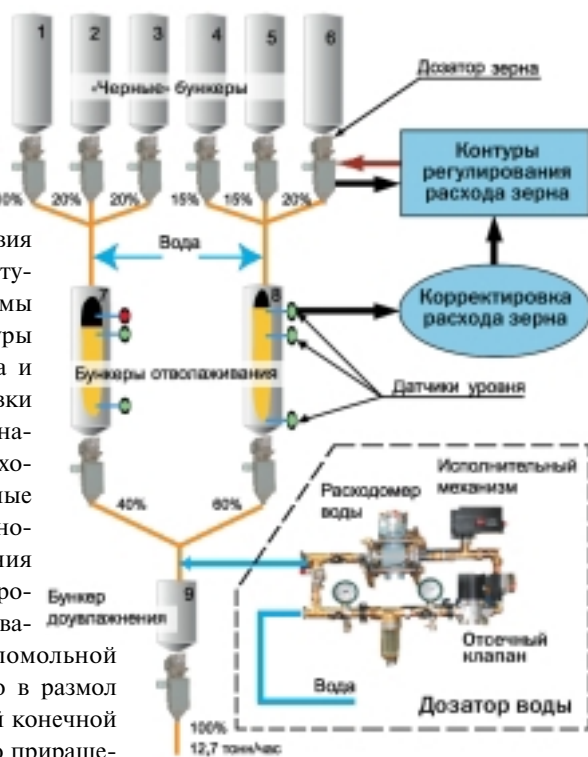


Рис. 6. Технологическая схема зерноочистительного отделения

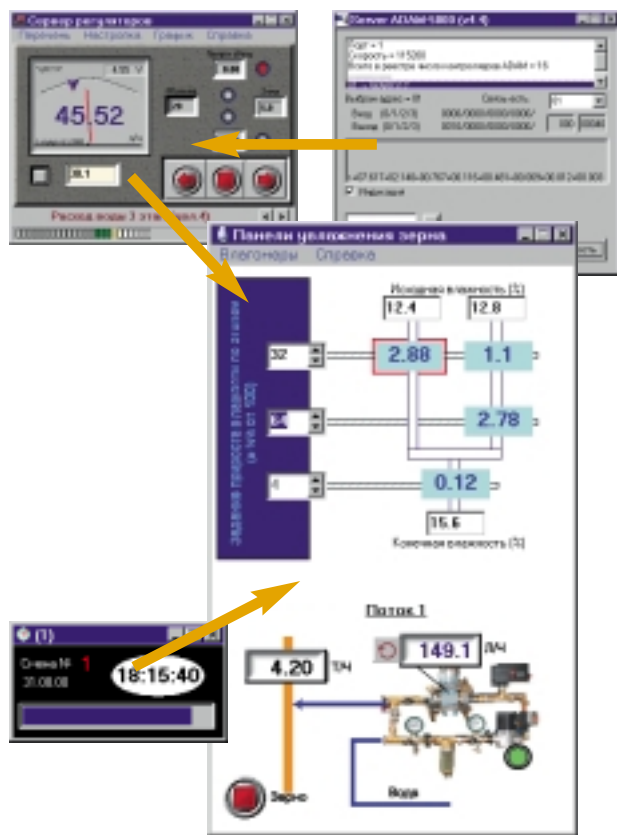


Рис. 7. Программы системы управления увлажнением зерна

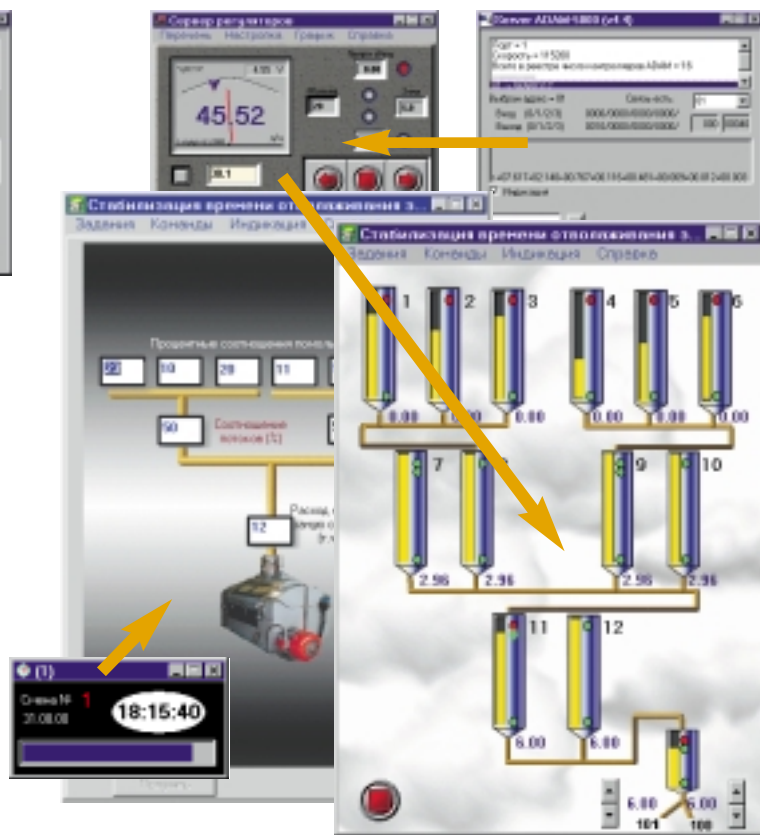


Рис. 8. Программы системы регулирования расходов зерна при отволаживании

ния ДАУ, рабочая программа ДАУ и программа статистики аварий технологического оборудования.

Проектирование ДАУ заключается в создании списка машин и датчиков, задании свойств машин и датчиков, связи машин и датчиков, схем обработки аварий, состава и вида отображаемых окон, звукового сопровождения событий. Вся информация записывается в базу данных, и на основании этой информации распечатывается необходимая для монтажа техническая документация.

Рабочая программа ДАУ — это пользовательское приложение, обеспечивающее взаимодействие оператора с ДАУ. Так как операторами системы являются люди, не практикующие работу с компьютером, пользовательский интерфейс максимально упрощен, а все события комментируются.

Алгоритм работы этой программы включает:

- формирование наборов машин для включения, выключения и передачи команд серверу машин при выборе маршрута и нажатии кнопок «Пуск» или «Стоп»;
- отображение текущего состояния машин.

Рассмотрим структуру технических средств одного из контуров управления технологической машиной. Контроль

лер ADAM-5000 через реле включает магнитный пускатель электропривода машины. Контакт магнитного пускателя и датчик, например, контроля вращения рабочих органов станка подтверждают включение пускателя и начало работы машины. При отключении хотя бы одного из контролирующих машину датчиков происходит обработка аварии.

На рис. 9 показано окно ДАУ после возникновения аварии одной из машин.

В правой части экрана находится перечень включаемых отделений и маршрутов, их текущее состояние индицируется светодиодом. Кнопки «Пуск» и «Стоп» выполняют включение и выключение выбранного маршрута. В левой части экрана показан набор машин выбранных маршрутов. Эргономический анализ заставил отказаться от графического изображения машин. Для оператора достаточно увидеть состояние машины, отображенное соответствующим цветом. Внутри изображения машины показаны датчики; разные типы датчиков имеют свои значки. Для получения подробной информации о расположении машины и ее подключениях курсор позиционируется на выбранную машину, и в появившейся подсказке выдается вся нужная оператору информация.

Для удобства работы все основные задачи настройки ДАУ, включая изменение параметров машин и датчиков, а также расположение машин и датчиков на экране, могут быть выполнены непосредственно в рабочей программе.

Все случившиеся аварии технологического оборудования регистрируются в базе данных. Статистика аварий необходима для подготовки планово-предупредительного ремонта технологического оборудования. В таблицах этого приложения отображается не только статистика аварий, но и их причины.

Контроль выходов готовой продукции

Эта программа динамического контроля помогает технологу проследить за текущими отклонениями потоков вырабатываемых продуктов от установившихся или максимально достигнутых величин и такими качественными показателями муки, как влажность и белизна. Источником информации для этой программы является сервер весов. На основании полученных от него данных о расходе каждого потока продукции и качестве муки программа отображает в графической и табличной форме текущее состояние процесса размолота зерна, а

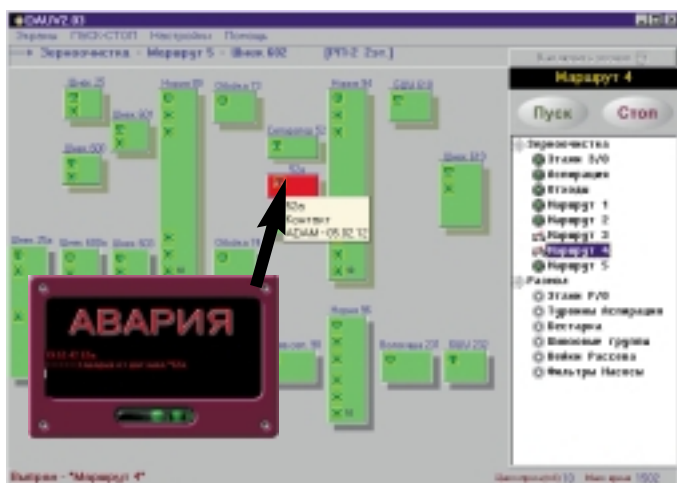


Рис. 9. Одно из окон ДАС при аварии технологической машины

также регистрирует в базе данных статистику количества и качества выработанной продукции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сочетание распределенных средств контроля и управления и операционной среды Windows NT позволяет создавать достаточно простые информационно-структурированные системы автоматизации для объектов, не предъявляющих высоких требований к быстродействию. При этом в единой опера-

ционной среде удобно решаются вопросы создания программных объектов, доступа к ним из приложений, находящихся на различных компьютерах, ведения клиент-серверной базы данных и администрирования задач. Описанная часть системы управления мукомольным заводом иллюстрирует применение этих возможностей. Минимизация числа и типов аппаратных средств позволила свести показатели надежности системы к

1981 г.	1985 г.	1999 г.
Релейное ДАС	ДАС с платами дискретного ввода-вывода	ДАС на базе контроллеров ADAM-5000
Число отказов за год: 210	Число отказов за год: 12	Отказов не было
Причина отказов — контакты реле	Причина отказов — элементная база модулей ввода-вывода	

Рис. 10. Этапы развития АСУ ТП Подольского мукомольного завода

показателям надежности сети ПЭВМ и применяемых контроллеров. Ремонт и обслуживание установленных технических средств с помощью тестовых программ осуществляются электриком. Строгое следование при программировании принципам объектности и стандартизации информационных интерфейсов позволило создать легко адаптируемые к особенностям конкретных заводов приложения, без труда поддерживать и модернизировать их. Так, например, на Подольском мукомольном заводе в 1999 г. была заменена на описанную систему работавшая с 1987 г. АСУ ТП с физически устаревшей УСО (рис. 10). При этом был расширен набор решаемых задач. Процесс замены прошел «на ходу», без специального останова производства, после чего программные решения подвергались неоднократным усовершенствованиям, направленным в основном на повышение быстродействия и снижение ресурсоемкости задач. Менялись алгоритмы управления и регулирования. Все это не потребовало специальных остановок для наладки и осталось практически не замеченным обслуживающим персоналом. Нарастание возможностей системы происходит и в настоящее время. Подтвержденный среднегодовой экономический эффект от применения АСУ ТП за 12-летний период эксплуатации составил около 50000 долларов. ●

**А. Рыженко — сотрудник
ЗАО «ЦЕСТА»**

Телефон/факс: (095) 241-2598

Е. Свирид — сотрудник ОАО «ПЭМЗ»

Телефон: (27) 63-0314