

# Разработка автоматизированной системы управления технологическим процессом приготовления и фасовки маргарина

Сергей Воробьев

В статье описана разработка проекта АСУ ТП приготовления и фасовки маргарина, выполненного в рамках модернизации маргаринового производства ОАО «Жировой комбинат» (г. Саратов). В результате внедрения проекта был достигнут качественно новый уровень управления технологическим процессом.

## ВВЕДЕНИЕ

Тема промышленной автоматизации волнует многих. В условиях жёсткой конкуренции, динамичного рынка даже самые консервативные и/или небогатые предприятия не могут позволить себе отказаться от столь мощного средства эволюции, как автоматизация. Выгода от использования современных информационных компьютерных технологий в промышленности столь велика, что об этом можно написать несколько томов с рисунками, диаграммами и примерами из жизни.

Саратовский жировой комбинат — лидер по производству маргариновой продукции в России и одно из самых динамично развивающихся предприятий Саратовской области. В настоящее время на предприятии реализуется инвестиционная программа «Комплексная реконструкция жирового комбината г. Саратова», главной целью которой является полная модернизация маргаринового производства и строительство нового современного завода.

Одним из этапов модернизации стало создание автоматизированной сис-

темы управления технологическим процессом приготовления и фасовки маргарина.

## ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ

Маргарин — полезный пищевой продукт, в котором вода в виде мельчайших капелек распределена в дисперсионной среде. В состав маргарина входят высококачественные пищевые жиры, молоко, соль, сахар, эмульгаторы, красители, ароматизаторы, витамины и другие компоненты. В домашней кулинарии маргарин широко применяют для выпечки, жарки, заправки первых и вторых блюд. В сравнении со сливочным маслом маргарины имеют более низкую калорийность и содержат большее количество полиненасыщенных жирных кислот, которые входят в состав клеточных мембран и других структурных элементов тканей и не могут синтезироваться человеческим организмом.

Технологическая схема производства маргарина включает ряд основных операций, общих для всех видов маргаринов:

- дозирование жировых и жирорастворимых компонентов на жировых весах;
- дозирование водорастворимых компонентов и раствора соли на водно-молочных весах;

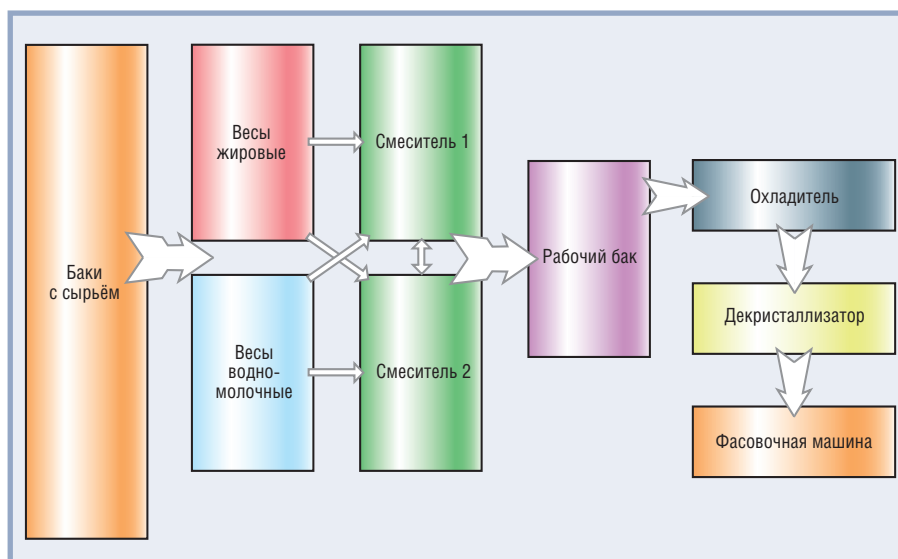


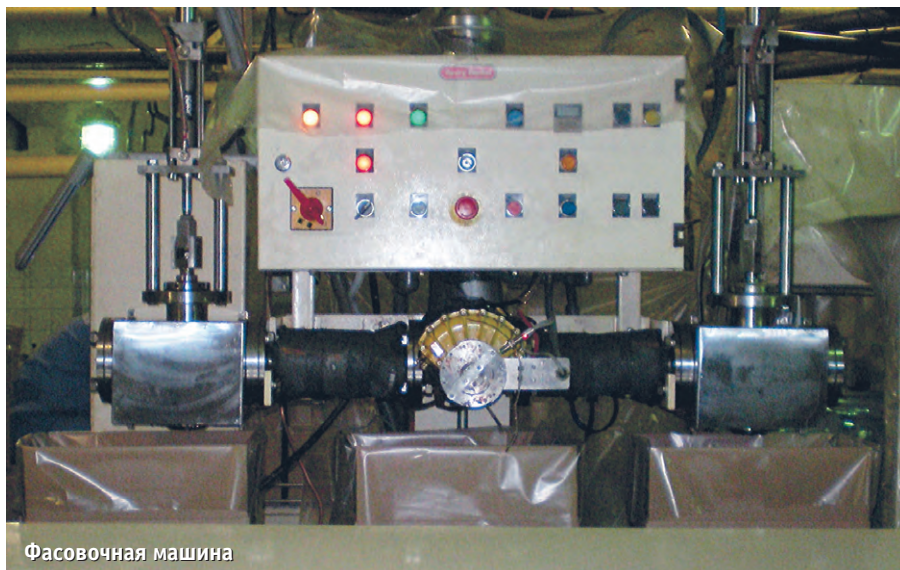
Рис. 1. Структурная схема линии приготовления маргарина

- смешивание жировых компонентов;
- смешивание водорастворимых компонентов;
- смешивание всех рецептурных компонентов и темперирование;
- эмульгирование;
- охлаждение и кристаллизация;
- пластическая обработка;
- фасовка;
- упаковка.

На рис. 1 показана структурная схема линии приготовления маргарина.

Процесс начинается с набора продукта на жировые весы из баков дезодорированного жира по 12 линиям и на водно-молочные весы по 4 линиям. Оператор вводит рецепты для обоих весов, то есть указывает, по какой линии и какое количество продукта должно быть набрано на весы. После того как набор на весы закончен, происходит последовательная перекачка жировых и водно-молочных компонентов в смеситель. Перекачка возможна только при пустом принимающем баке. Перекачка идёт до опорожнения весов. После этого начинается набор на весы другой партии компонентов. В смесителях происходит подогрев, равномерное перемешивание продукции и перекачка её в рабочий бак. Если в ходе перекачки уровень продукта в рабочем баке достигает 95%, процесс перекачки приостанавливается. Из рабочего бака продукт с помощью насоса высокого давления подаётся через охладитель, где происходит кристаллизация маргарина, и декристаллизатор на фасовочную машину.

Фасовочная машина работает в два этапа: предварительный налив (грубый) и окончательный долив (точный). При поступлении контейнера на платформу предварительного налива передаточный клапан становится в левое положение и открывается клапан предварительного налива. После окончания этой операции срабатывают стопоры, выдвигаются рычаги предварительного налива, и одновременно контейнер передвигается с платформы предварительного налива на промежуточную платформу, а новый контейнер — на платформу предварительного налива. Далее начинается предварительный налив в новый контейнер. При попадании контейнера на платформу окончательного долива передаточный клапан становится в среднее положение и открывается клапан окончательного долива, начинается соответствующая операция. Точный долив осуществляется по адаптивному алгоритму с упреж-



Фасовочная машина

дением на закрытие клапана и с последующим перерасчётом упреждения (с помощью коэффициента коррекции упреждения). При переливе на величину больше допустимой фасовочная машина останавливается для отбора лишнего продукта. При недоливе больше допустимого машина осуществляет импульсную доливку небольшими дозами. После завершения окончательного долива выдвигаются рычаги, и передаточный механизм одновременно перемещает наполненный контейнер с платформы окончательного налива на упаковку, а на его место — контейнер с промежуточной платформы.

### Цели и задачи, решаемые при создании АСУ ТП

Система управления должна была быть спроектирована таким образом, чтобы в дальнейшем интеграция с другими (автоматизированными и неавтоматизированными) линиями производства маргариновой продукции, а также включение в систему управления технологических аппаратов, не автоматизируемых на этом этапе, не представляли трудностей.

Система управления предназначена для реализации следующих групп функций:

- 1) автоматическое дозирование жировых и водно-молочных компонентов на весах согласно рецептуре;
- 2) возможность хранения и редактирования всех необходимых рецептур продукции;
- 3) автоматическая перекачка компонентов, отмеренных согласно рецепту, с весов в подготовительные смесители, автоматическая циркуляция (эмульгирование) и перекачка продукта в рабочий бак;

- 4) возможность выполнения всех операций в пошаговом (при нажатии на кнопку операции) и в ручном режимах;
- 5) возможность проведения мойки линии в ручном режиме;
- 6) оперативный контроль процесса приготовления маргарина с экранов рабочих станций с помощью реализованных в цветном исполнении фрагментов мнемосхем технологического процесса;
- 7) аварийная сигнализация при выходе технологических параметров за нижние и верхние пределы установленных технологических и аварийных границ;
- 8) фасовка продукции в контейнеры на фасовочной машине в автоматическом режиме и возможность работы в ручном режиме;
- 9) сохранение отчётов по весу наполненных контейнеров, производительности линии, рецептам.

Основными целями создания системы управления являлись:

- повышение качества выпускаемой продукции;
- повышение точности дозирования согласно рецептуре;
- повышение точности налива в контейнеры на фасовочной машине;
- повышение производительности линий приготовления и фасовки маргарина;
- снижение материальных затрат за счёт повышения оперативности и точности управления;
- повышение надёжности технологического процесса и функционирования оборудования за счёт внедрения системы автоматизации.

Структурная схема АСУ ТП показана на рис. 2.

## Выбор ПЛК для реализации проекта

Из всех используемых в настоящее время типов локальных контроллеров нас интересовали ПЛК, выполненные в виде автономных модулей, реализующих функции контроля и управления технологическими процессами. Автономные контроллеры помещаются в защитные корпуса, рассчитанные на разные условия окружающей среды. Почти всегда эти контроллеры имеют порты для соединения с другой аппаратурой и интерфейсы, связывающие отдельные устройства через сеть с другими средствами автоматизации.

Среди локальных контроллеров можно выделить две группы: не совместимые с IBM PC (закрытые) и IBM PC совместимые (x86 совместимые, открытые) контроллеры.

Контроллеры первой группы, как правило, базируются на специально разработанных процессорах (например, процессорный модуль CPU 214 в контроллере SIMATIC S7-200 компании Siemens). Производитель оснаща-

ет эти контроллеры собственными и стандартными коммуникационными интерфейсами, выпускает разнообразные модули расширения. Важной особенностью контроллеров этой группы является жёсткая привязка к программному обеспечению (ПО) фирмы-производителя. Отсутствие возможности использования стороннего ПО накладывает определённые ограничения на создание, эксплуатацию, масштабирование, модернизацию системы автоматизированного управления, ведёт к увеличению совокупной стоимости контроллера и программного обеспечения. С другой стороны, такие контроллеры гарантированно обеспечивают высокую надёжность, стабильность и отлаженность программного обеспечения контроллеров, а также модулей расширения. Контроллеры первой группы поставляются преимущественно известными крупными производителями средств промышленной автоматизации (Siemens, AutomationDirect, VIPA, Allen-Bradley, Omron, Schneider Electric и некоторые другие).

Ко второй группе принадлежат контроллеры, построенные на базе Intel совместимых процессоров. Контроллер этой группы можно считать IBM PC совместимой программируемой логической системой, которая выполняет строго определённую задачу, но имеет возможность гибкого перепрограммирования. В силу совместимости с IBM PC доступен более широкий выбор средств программирования: стандартные алгоритмические языки (ассемблер, C, C++ и т.п.), специальные средства разработки. Стоимость таких контроллеров ниже стоимости аналогов из первой группы при схожих технических и эксплуатационных характеристиках.

Выбираемый нами ПЛК должен был отвечать следующим требованиям:

- поддержка требуемого количества входных и выходных каналов;
- высокий уровень надёжности и помехозащищённости (отказ контроллера может привести к большим экономическим потерям);
- высокая производительность, необходимая для контроля большого количества технологических параметров;
- использование стандартных протоколов и коммуникационных интерфейсов для работы с устройствами верхнего уровня;
- широкий диапазон модулей расширения для поддержки всевозможных датчиков;
- развитая программная поддержка;
- широкий диапазон рабочих условий;
- оптимальная цена.

С учётом поставленной задачи, технических, эксплуатационных характеристик и потребительских свойств в результате анализа российского рынка средств промышленной автоматизации для реализации проекта был выбран ПЛК SIMATIC S7 компании Siemens.

В силу того что линия приготовления и линия фасовки маргарина территориально разнесены (находятся на разных этажах), для реализации проекта был необходим центральный процессор с поддержкой распределённой периферии, чтобы можно было смонтировать модули контроллеров в разных технологических зонах и связать их с центральным процессором через промышленную сеть.

По совокупности базовых параметров (функциональность, производительность, стоимость) оптимальным выбором для реализации проекта стал модуль центрального процессора из серии SIMATIC S7-300 — CPU 315-2 DP.

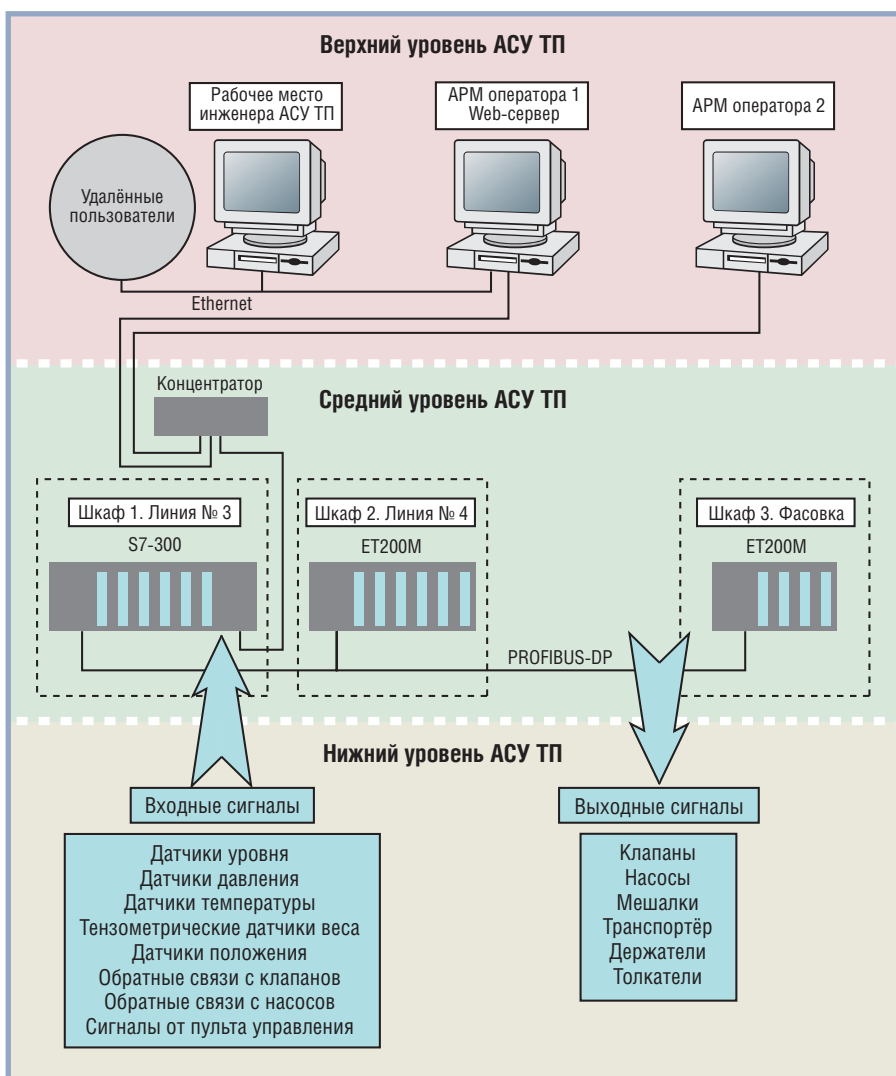


Рис. 2. Структурная схема АСУ ТП



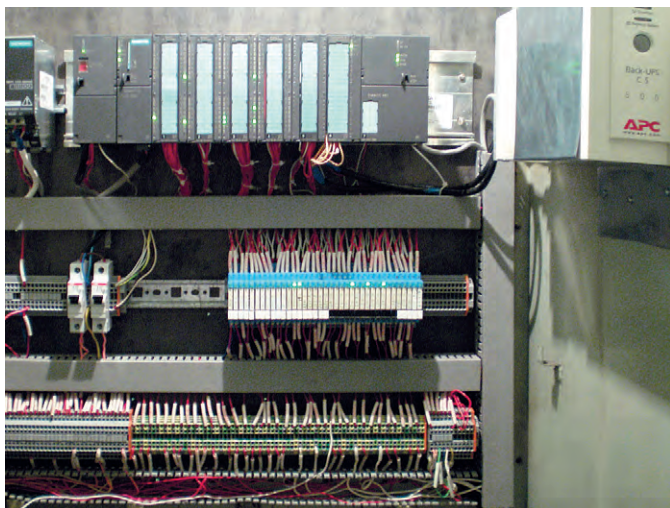


Рис. 3. Центральная панель управления с модулями ввода-вывода для 3-й линии приготовления маргарина

Этот модуль оснащён встроенным интерфейсом PROFIBUS-DP и способен выполнять программы среднего и большого объёма. Он находит применение в системах автоматизации, имеющих развитую структуру локального и распределённого ввода-вывода.

На рис. 3 показан центральный шкаф управления с модулями ввода-вывода для 3-й линии приготовления маргарина. На рис. 4 показан периферийный

шкаф управления для 4-й линии приготовления маргарина.

Контроллер и станции распределённого ввода-вывода оснащены:

- модулями ввода дискретных сигналов (SM 321);
- модулями вывода дискретных сигналов (SM 322);
- модулями ввода аналоговых сигналов (SM 331);
- модулями взвешивания SIWAREX-U.

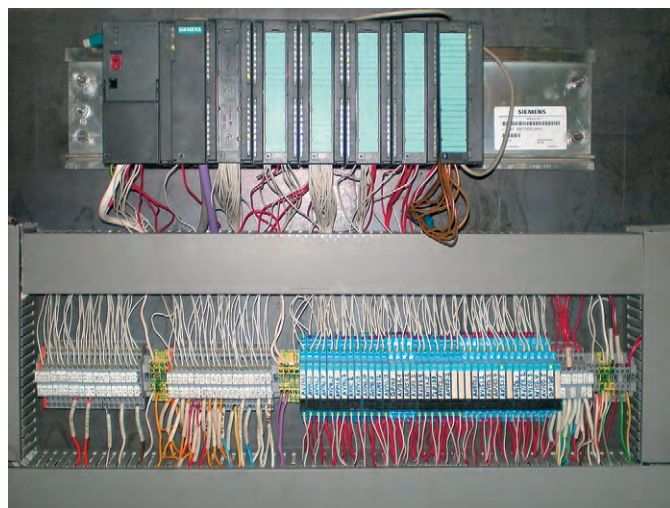


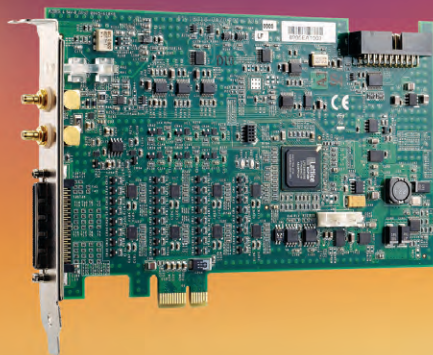
Рис. 4. Периферийная панель управления с модулями ввода-вывода для 4-й линии приготовления маргарина

Для связи с верхним уровнем АСУ ТП используется коммуникационный процессор CP 343-1.

При разработке алгоритмического обеспечения промышленного контроллера ставилась задача минимизировать степень участия человека-оператора в управлении технологическим процессом. В результате реализации такого подхода система работает в автоматическом режиме.

## Высокоскоростные цифровые платы ADLINK

Идеальное решение для многоканального высокоскоростного ввода-вывода



### PCIe-7350

50 МГц 32-канальная высокоскоростная плата цифрового ввода-вывода

- Интерфейс PCI Express®
- 32 канала высокоскоростных цифровых входов/выходов по 8 каналов в группе, устанавливаемых на ввод или вывод
- Максимальная частота 50 МГц
- Максимальная пропускная способность 200 Мбайт/с
- Программно устанавливаемый уровень 1,8; 2,5 и 3,3 В

Дополнительно доступны высокоскоростные платы ввода-вывода для cPCI/PCI/PCI Express



#### > PCIe/PCI-7300A, cPCI-7300

20 МГц, 12 Мбайт/с  
Высокоскоростные 32-канальные платы цифрового ввода-вывода



#### > PCI/cPCI-7200

2 МГц, 12 Мбайт/с  
Высокоскоростные 64-канальные платы цифрового ввода-вывода

PCI Express®: пропускная способность больше, скорости выше...

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ ADLINK В РОССИИ, СТРАНАХ СНГ И БАЛТИИ

**PROSOFT®**

Тел.: (495) 234-0636 • E-mail: info@prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru

#385

Реклама



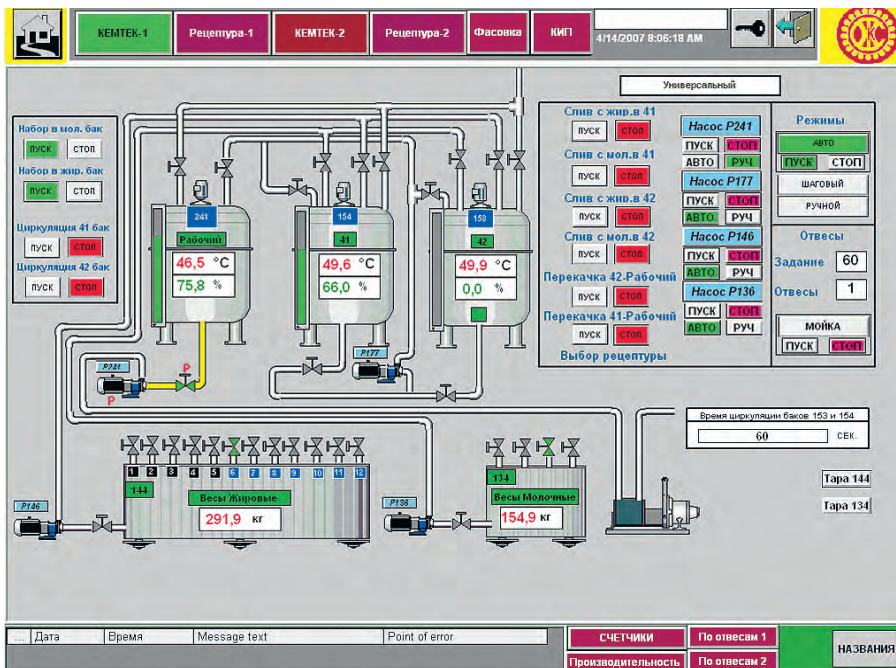


Рис. 5. Мнемосхема 3-й линии приготовления маргарина

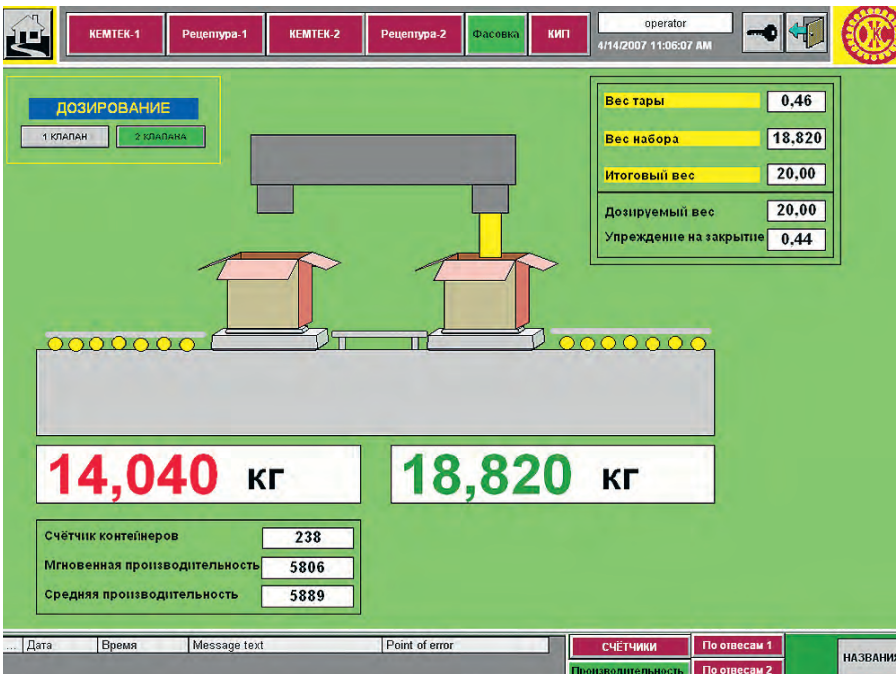


Рис. 6. Окно «Фасовка»

Наряду с описанными ПЛК в составе разработанной системы также были задействованы источники бесперебойного питания APC, клеммы WAGO, реле Finder, датчики Metran и OMRON.

## ЭКРАННАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ И КОНТРОЛЬ

Для реализации верхнего уровня АСУ ТП используется SCADA-система WinCC V6.0. Она обеспечивает визуализацию технологического процесса, контроль и управление. SCADA-система установлена на двух рабочих станциях. Для удобства на одном рабочем месте ведётся контроль за одной линией приготвления

и фасовки маргарина, а на другом — за другой, но эти станции полностью дублируют друг друга, поэтому в случае появления проблем на одной из них всем технологическим процессом можно будет управлять с другой станции.

На рис. 5 показана мнемосхема 3-й линии приготовления маргарина, какой её видит оператор на экране своей рабочей станции. На мнемосхеме изображены весы, баки, насосы, клапаны и органы управления технологическим процессом. На каждом баке имеются столбчатый и цифровой индикаторы, показывающие величину его заполнения. При помощи манипулятора мышь оператор управляет ходом технологического процесса, который может идти в одном из

трёх основных режимов: автоматическом, пошаговом и ручном (дополнительно имеется режим мойки линий).

В автоматическом режиме выбирается рецепт и задаётся количество отвесов (наборов на весы всех компонентов рецептуры), нажимается кнопка «ПУСК», и программа сама выполняет всю последовательность действий. Работа заканчивается после приготовления последнего отвеса. При нажатии кнопки «СТОП» все начатые операции прекращаются. В пошаговом режиме оператор может запустить на выполнение и остановить любую операцию. В ручном режиме можно отдельно открыть любой клапан и запустить любой насос. На мнемосхеме предусмотрена соответствующая цветовая индикация активности элементов. В окне «Рецептура» оператор может не только выбрать из списка нужный рецепт, но и редактировать его.

На рис. 6 показано окно визуализации наполнения контейнеров маргарином. Дозирование может осуществляться через один клапан или через два (последовательно). Оператор может задавать дозируемый вес и вес тары. На мнемосхеме также представлена информация о мгновенной и средней производительности и визуализируются показания счётчика контейнеров.

С помощью приложения WinCC WebNavigator была создана система отчётов, через которую любой пользователь, зная пароль, удалённо может за выбранный промежуток времени посмотреть показания веса контейнеров на фасовочной машине, показания мгновенной производительности фасовочной машины и историю рецептов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕДРЕНИЯ

Благодаря разработке АСУ ТП приготовления и фасовки маргарина сократилась доля ручных операций, повысилась надёжность функционирования технологического оборудования, улучшилось качество и возросло количество выпускаемой продукции, увеличилась точность налива продукта в контейнеры, а также за счёт повышения оперативности и точности управления снизились материальные затраты производства.

Опыт эксплуатации системы показал её высокую надёжность и эффективность. При необходимости система может модернизироваться, расширяться и интегрироваться с другими АСУ ТП на производстве. ●

E-mail: gres13@mail.ru