

Автоматизированная система управления дозировкой пека для смесительного передела электродного производства

Станислав Сошкин, Николай Сорокин, Геннадий Полторак

В статье рассмотрена автоматизированная система управления дозировкой каменноугольного пека в процессе подготовки массы к прессованию электродных заготовок. Описаны основные требования, предъявляемые к системе, её структура, функции и режимы работы, аппаратное и программное обеспечение. Внедрение системы позволяет значительно повысить точность дозировки пека, увеличить информативность и гибкость процесса управления.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Электродный каменноугольный пек является наряду с коксами основным «строительным материалом» для получения углеграфитовых изделий [1]. Исходным продуктом для каменноугольного пека являются некоторые марки смол, получаемые как побочный продукт при производстве металлургических коксов. Сам пек получают путём дистилляции этих смол в трубчатых печах непрерывного действия. Сложная структура и огромное количество химических соединений, входящих в состав пека, затрудняют его точное техническое специфицирование. Тем не менее, именно каменноугольный пек является основным связующим материалом при производстве углеграфитовой продукции, позволяющим на первом этапе — этапе смешения и прессования — получить «зелёную» заготовку заданной структуры, формы и объёмного веса. Однако на этом этапе закладывается только часть физико-механических свойств будущего углеграфитового изделия. В дальнейшем во время обжига под воздействием высокой температуры высокомолекулярные ароматические вещества, входящие в состав пека, образуют более сложные химические соединения, связывающие частички исходного коксового материала и способствующие появлению в углеграфитовой заготовке

единой коксовой структуры, подобной кристаллической решётке графита. Именно после завершения этого процесса, называемого поликонденсацией каменноугольного пека, электродную заготовку можно считать единым изделием из некоторого композиционного материала, состав и свойства которого заложены при смешивании различных фракций кокса и каменноугольного пека, прессовании заготовки методом выдвливания или вибрирования, а также посредством обжига этой заготовки при повышенной температуре.

Таким образом, очевидно [2], что качество конечного углеграфитового изделия в значительной степени зависит от химических свойств используемого каменноугольного пека, от его количества в составе массы для производства «зелёной» заготовки. Поэтому в свете постоянно возрастающих требований к качеству электродной продукции, а также в связи с необходимостью повышения точности соблюдения технологических параметров на смесительно-прессовом переделе электродного производства перед специалистами управления автоматизации Новочеркасского электродного завода была поставлена задача разработки современной автоматизированной технологии дозирования пека и контроля приготовления массы в смесительной машине типа «АНОД-4».

ОСНОВНЫЕ ЦЕЛИ РАЗРАБОТКИ

На момент начала работ по автоматизации операций дозирования пека состояние на переделе было следующим. Пек для приготовления массы, используемой при прессовании электродных заготовок, подаётся со склада и предварительно хранится в напорном баке. По сигналу начала дозировки пек из напорного бака по трубопроводу самотёком подаётся в дозировочный бак, установленный на двух магнитоанализаторных датчиках. Регулировка подачи пека в дозировочный бак выполняется при помощи клапана с пневмоприводом. После набора пека в дозировочный бак производится операция основной дозировки, заключающаяся в заливе пека из дозировочного бака непосредственно в бункер смесильной машины. Пек в смесильную машину подаётся самотёком при температуре 170–180°C через клапан с пневмоприводом, управляемый по весу дозировочного бака при помощи компаратора типа КСП-3. Управление процессом смешения выполняет смесильщик. Время интервалов нагрева, дозировки пека и смешения задаётся при помощи командоаппарата КЭП-12. Очевидны следующие недостатки такой технологической схемы:

- низкая точность взвешивания порции пека за счёт большой методической погрешности оборудования;



Рис. 1. Общий вид реконструированного дозирочного модуля

- сложность точного задания веса дозы пека и временных интервалов подачи материалов в бункер смесильной машины и их смешивания;
- территориальная разобщённость и низкая точность измерительных приборов и за счёт этого слабая управляемость процесса дозирования;
- отсутствие возможности технологического мониторинга передела, эффективного анализа ведения технологии и управления качествомготавливаемых смесей.

Работы по разработке автоматизированной системы (АСУ ТП) дозирования пека проводились службой промышленной автоматизации Новочеркасского электродного завода совместно с НПК «Югцветметавтоматика» (г. Владикавказ) начиная с 2006 года. Первоначально изменения коснулись технологии дозирования. Вместо дозирования по весу наполненного дозирочного бака (так называемая «дозировка по наливу») была применена дозировка по разности веса полного и пустого бака. Это дало следующие преимущества:

- появилась возможность оставлять в дозирочном баке некоторое количество пека, необходимое для исключения перегрева бака при сливе и коксования пека на днище;
- было исключено влияние методических и некоторых случайных погрешностей взвешивания дозы пека и работы дозирочного оборудования.

Для увеличения точности дозирования были внесены изменения в конструкцию дозирочного модуля. Реконструированный дозирочный модуль показан на рис. 1. Во-первых, был из-



Рис. 2. Внешний вид крана-дозатора, установленного вместо сливного пневмоклапана

менён подвес дозирочного бака заменой двух магнитоанізотропных датчиков веса на три тензодатчика с весовым терминалом в качестве вторичного преобразователя. Это позволило резко повысить точность взвешивания, перейти к цифровой обработке данных по взвешиванию пека и организовать отображение параметров процесса дозирования непосредственно в зоне работы смесильщика в удобной цифровой форме. Во-вторых, для увеличения точности дозирования сливного пневмоклапан был заменён пробковым краном-дозатором с электроприводом. В результате появилась возможность организовать дозировку в режимах «грубо» и «точно», оптимизировать регулирование скорости истечения пека для достижения лучшего смачивания сы-

пучих компонентов. Внешний вид крана-дозатора показан на рис. 2. Отметим, что наливной пневмоклапан дозирочного бака остался без изменений, так как применение «разностной» дозирования не предъявляет серьёзных требований к точности набора пека. В-третьих, выходной фланец дозирочного бака был соединён с краном-дозатором специальным сильфонным компенсатором, что исключило попадание паров пека в атмосферу цеха при дозировке и значительно улучшило условия труда рабочих.

Далее изменения коснулись непосредственно схемы автоматизации. Во-первых, было принято решение не ограничиваться процессом дозирования пека, а взять под контроль весь технологический цикл работы смесильного агрегата:

- автоматизировать операции по управлению подогревателем шихты барабанного типа, а именно, загрузку шихты, разогрев её до необходимой температуры и сброс в бункер смесильной машины;
- автоматизировать непосредственно процесс дозирования пека с учётом технологических блокировок по температуре слива пека и сброса шихты;
- автоматизировать цикл работы смесильной машины, то есть организовать автоматический пуск машины при готовности пека и сухой шихты, автоматический сброс шихты и дозировку пека, контроль времени сме-

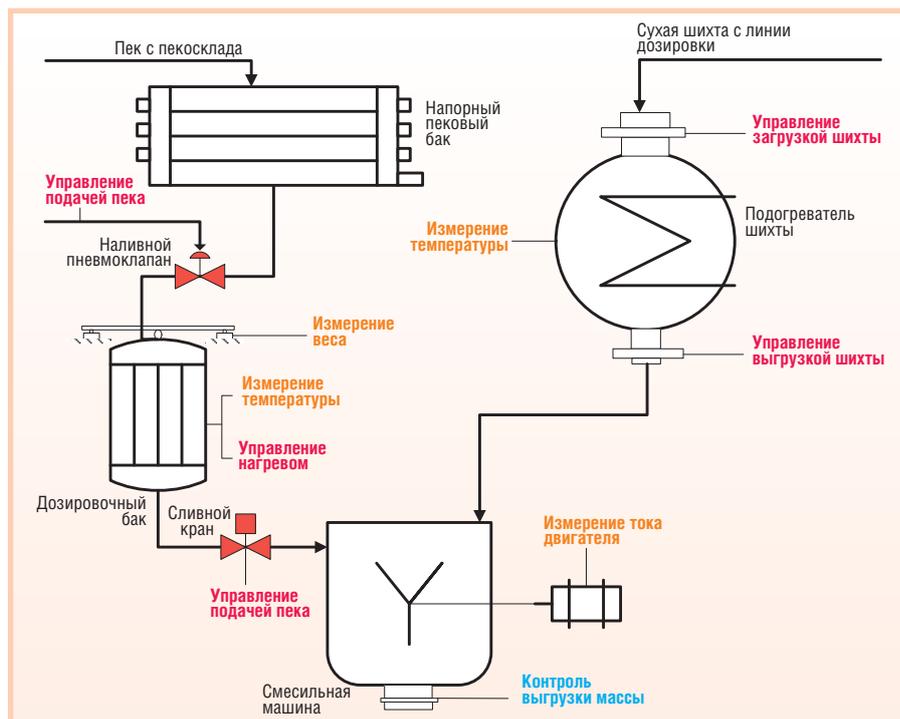


Рис. 3. Схема автоматизации технологического цикла приготовления массы для производства «зелёных» заготовок

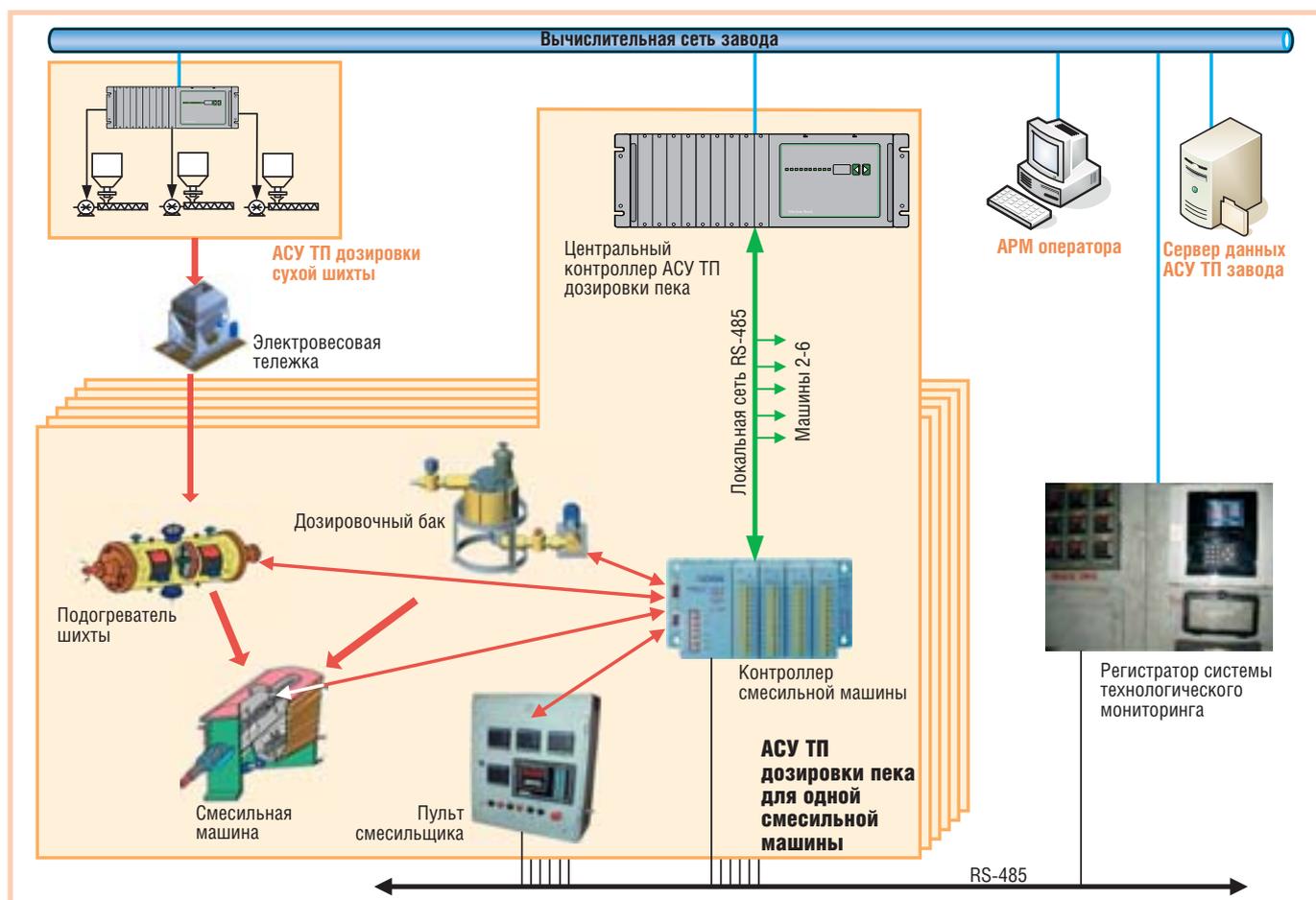


Рис. 4. Структура АСУ ТП дозировки пека

шения с дополнительной блокировкой по температуре приготовляемой массы и, наконец, выполнять контроль выгрузки готовой массы в транспортную тележку пресса.

Во-вторых, перед разработчиками АСУ ТП была поставлена задача организации автоматизированного технологического мониторинга всего технологического цикла приготовления массы. Схема автоматизации, полученная в результате анализа и удовлетворения полученных требований, показана на рис. 3.

СТРУКТУРА И ФУНКЦИИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

В соответствии с техническим заданием автоматизации подлежали шесть одинаковых смесительных комплексов, расположенных на одной отметке цеха смешивания и прессования и вводимых в эксплуатацию в соответствии с графиком, утверждённым производственным отделом завода.

АСУ ТП дозировки пека было принято строить как трёхуровневую иерархическую распределённую систему управления. Структура системы показана на рис. 4.

Нижний (полевой) уровень системы управления составляют датчики веса, положения и т.д., вторичные преобразователи, исполнительные механизмы. Некоторые из датчиков устанавливаются непосредственно на технологическом оборудовании (дозировочном модуле, подогревателе шихты, смесильной машине) или в непосредственной близости от него, а некоторые — в пульте смесильщика, находящемся непосредственно в зоне обслуживания смесильной машины.

Средний уровень (уровень управления и мониторинга) системы имеет модульную наращиваемую структуру. Модуль управления для каждого комплекса смесительного технологического оборудования строится на базе специализированного контроллера, реализующего циклограмму работы комплекса и алгоритмы автоматического управления отдельными механизмами. При помощи этого контроллера учитываются необходимые технологические блокировки, осуществляется связь с верхним и нижним уровнями системы управления. Кроме того, на этом уровне находится специализированный промышленный компьютер-регистратор, при помощи которого решаются задачи сбора, сохранения и представ-

ления для технологического персонала информации обо всех параметрах, определяющих качество процесса производства массы, протоколируются аварийные ситуации.

Верхний (информационно-диспетчерский) уровень АСУ ТП дозировки пека представлен центральным контроллером и автоматизированным рабочим местом (АРМ) оператора-технолога, организованным на базе IBM PC совместимого персонального компьютера. Этот компьютер предназначен для сбора, хранения и отображения информации о состоянии технологического процесса и оборудования, задания режимов работы системы управления и технологического оборудования в соответствии с требованиями технологии, регистрации графиков изменения технологических параметров и аварийных ситуаций, генерации и печати необходимого набора протоколов работы оборудования. Аппаратное и программное обеспечение этого уровня реализует информационную гибкость системы управления, совместимость с АСУ более высокого уровня на основе стандартных информационных технологий.

Функционально АСУ ТП дозировки пека должна обеспечивать работу сме-

сильных агрегатов в следующих режимах: автоматическом, дистанционном и ручном.

Режим автоматического управления (режим «А») — это основной режим функционирования, при котором все запланированные операции и технологические блокировки выполняются автоматически. Командные сигналы на включение-выключение приводов механизмов, а также световой и звуковой сигнализации вырабатываются контроллером. В связи с некоторыми особенностями работы конкретного технологического оборудования команду на запуск очередного технологического цикла формирует смесильщик с пульта, расположенного в зоне обслуживания смесильной машины. Оператор-технолог ведёт наблюдение за работой системы и задаёт параметры технологического процесса из операторского помещения по информации, поступающей с нижнего и среднего уровней системы.

Режим дистанционного заблокированного управления (режим «Д») обеспечивает пошаговое выполнение всех функций системы управления по командам с пульта смесильщика. Смесильщик вводит команды с помощью кнопок, а

контроллер организует их выполнение по стандартным алгоритмам с учётом необходимых технологических блокировок. Оператор-технолог ведёт наблюдение за вводом и обработкой команд по информации, поступающей на верхний уровень, и может оперативно вмешиваться в технологический процесс со своего АРМ.

Режим ручного управления (режим «Р») должен обеспечить выполнение операций по автономному опробованию и наладке датчиков и приводов механизмов установки дозировки пека (включение-выключение) с непосредственной блокировкой по конечным положениям движущихся частей.

АППАРАТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

При разработке комплекса технических средств учитывались следующие требования:

- совместимость на аппаратном уровне с АСУ ТП дозировки сухой шихты [3], установленной в этом же цехе и работающей в комплексе с разрабатываемой системой управления;
- использование приборов, вычислительной техники и средств автоматизации, хорошо зарекомендовавших себя при использовании на заводе

или имеющих положительные отзывы от других разработчиков и системных интеграторов;

- максимальная надёжность работы аппаратного комплекса при минимально возможной его стоимости.

В связи с этими требованиями АСУ ТП дозировки пека решено было строить на основе оборудования фирмы Advantech. Основным критерием, повлиявшим на выбор оборудования этой фирмы, стала его надёжная работа на ОАО «Новочеркасский электродный завод» в течение достаточно долгого времени. Кроме того, был учтён широкий ассортимент выпускаемых этой фирмой устройств, позволяющих без проблем построить практически любой комплекс технических средств АСУ ТП. Аппаратура, производимая фирмой Advantech, была использована для построения центрального контроллера и контроллеров смесильных машин, регистратора, а также для организации передачи информации между средним и верхним уровнями системы управления. При сборке шкафов контроллеров смесильных машин были использованы промежуточные реле фирмы Omron. В остальном было принято решение максимально использовать оборудо-



Рис. 5. Общий вид шкафа контроллера смесильной машины

дование, производимое отечественными фирмами. Так, для оснащения дозирочного бака и пульта смесильщика было использовано весовое оборудование фирмы «Тензо-М» (тензометрические датчики веса и весовые терминалы), бесконтактные датчики положения фирмы «Сенсор», микропроцессорные регуляторы и вторичные приборы фирмы «Контравт». Кроме того, была использована отечественная кабельная и электротехническая продукция.

Центральный контроллер системы реализован на базе промышленного шасси IPC-623 и платы центрального процессора PCA-6003 формата PCMG. Для построения АРМ оператора системы использован обычный офисный компьютер на базе процессора Intel Pentium IV. Связь центрального контроллера, АРМ оператора и регистратора системы технологического мониторинга осуществляется по вычислительной сети завода, построенной на базе высокоскоростных Ethernet-коммутаторов, медиа-конвертеров и оптоволоконных линий связи.

Средний уровень системы построен на базе программируемых контроллеров ADAM-5511, оснащённых тремя модулями дискретного ввода ADAM-5051 и одним модулем дискретного вывода ADAM-5056. Для преобразования

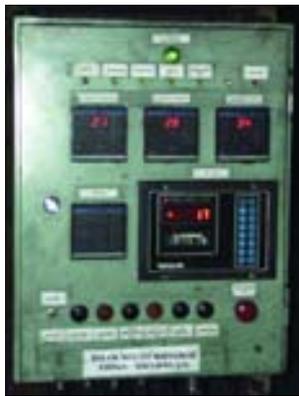


Рис. 6. Пульт смесильщика



Рис. 7. Регистратор системы технологического мониторинга

и ввода аналоговых сигналов (информация о весе набранной дозы пека, величине тока двигателя смесильной машины) использован удалённый модуль ADAM-4018+, установленный в пульте смесильщика и связанный с контроллером ADAM-5511 по интерфейсу RS-485. Количество шкафов контроллеров смесильных машин и количество пультов смесильщика равны количеству управляемых смесильных машин. Общий вид шкафа контроллера представлен на рис. 5. Кроме контроллера, в шкафу размещены преобразователь интерфейса ADAM-4520 (RS-232 в RS-485),

предназначенный для реализации связи с аппаратурой в пульте смесильщика, и репитер ADAM-4510, предназначенный для ретрансляции сигналов RS-485 от пульта смесильщика к регистратору системы технологического мониторинга. Для гальванической развязки дискретных сигналов используются промежуточные реле Omron SNDJ, хорошо зарекомендовавшие себя при эксплуатации в условиях электроного завода.

Пульт смесильщика показан на рис. 6. На его передней панели установлены приборы и органы управления, позволяющие смесильщику выполнять и контролировать процесс смешения в различных режимах. В состав пульта смесильщика входят:

- микропроцессорные регуляторы типа МЕТАКОН, предназначенные для контроля температурного режима дозирочного бака, подогревателя

шихты и смесильной машины, а также для контроля величины тока двигателя смесильной машины;

- весовой терминал ТВ-003, выполняющий преобразование веса дозы пека;
- модуль аналогового ввода ADAM-4018+ для преобразования информации о весе набранной дозы пека;
- органы управления и индикации выполняемых команд и состояния системы управления.

Кроме шкафа контроллера и пульта смесильщика, средний уровень АСУ ТП дозирования пека представлен регистратором системы технологического мониторинга. Фактически это промышленный компьютер, который построен на базе компактной платы SOM-4481 (фирма Advantech), относящейся к серии вычислительных платформ типа SOM (System-On-Module — «система на модуле»). Задача регистратора состоит в считывании показаний приборов типа МЕТАКОН и представлении их в вычислительной сети с использованием технологии OPC. Кроме того, аппаратное и программное обеспечение регистратора решает задачу протоколирования режимов ведения технологического процесса смешения в базе данных на центральном сервере АСУ ТП завода. Общий вид регистратора показан на рис. 7. Учитывая сложные условия эксплуатации (запылённость, наличие паров пека), было принято решение использовать для размещения оборудования регистратора корпус прибора КСП-4. На крышке корпуса расположена мембранная клавиатура TKS-030-TOUCH-MODUL (InduKey) и защитное окно для LCD-панели отображения. Сама LCD-па-

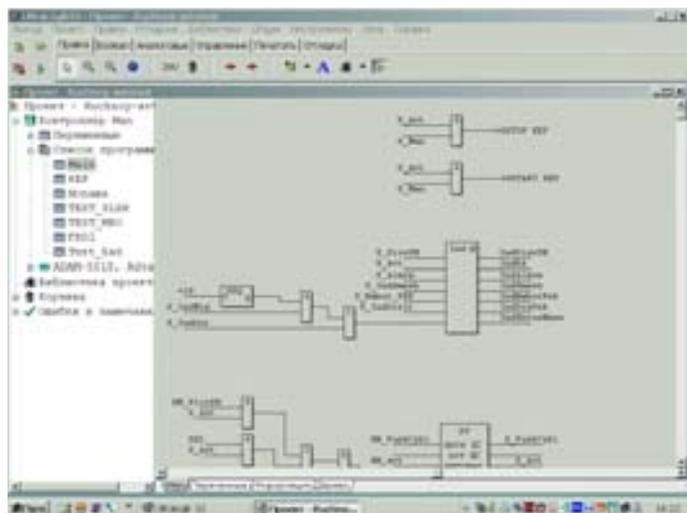


Рис. 8. Пример FBD-диаграммы



Рис. 9. Пример экранной формы АРМ оператора АСУ ТП дозировки пека

нель отображения располагается на специальных стойках внутри корпуса и защищена от воздействий внешней среды.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

В соответствии с общей структурой системы управления программное обеспечение делится на программы среднего и верхнего уровня. Учитывая необходимость масштабирования системы управления, для передачи информации между уровнями используется технология OPC.

Программное обеспечение контроллера среднего уровня разработано с использованием системы программирования UltraLogik32 (см., например, статью Кинева М. и Кинева В. «Построение библиотечных FBD-блоков для вычисления плотности и энтальпии воды и водяного пара в программном пакете UltraLogik», www.cta.ru/online/online_prog-tools.htm). Основная часть процедур написана в виде FBD-диаграмм. Пример такой диаграммы представлен на рис. 8. Все технологические операции и команды, выполняемые на оборудовании, представлены в виде отдельных диаграмм. Таким образом, изменение порядка выполнения отдельных команд или модернизация технологического цикла приводит не к полной переработке управляющей программы, а лишь к частичному редактированию отдельных диаграмм. Кроме того, использование системы UltraLogik32 даёт следующие преимущества:

- встроенный OPC-сервер, позволяющий легко организовать межуровневое взаимодействие в системе;
- автоматическая реализация протокола взаимодействия с модулями серии ADAM-4000;

- неограниченное количество контроллеров, которое можно запрограммировать, имея одну лицензию на систему UltraLogik32.

При создании программного обеспечения верхнего уровня использована среда разработки Trase Mode 6. Применение данной программной оболочки обусловлено следующими причинами:

- имеющийся на заводе опыт разработки в этой среде;
- программная совместимость на верхнем уровне с АСУ ТП дозировки сухой шихты;
- простая реализация операций с OPC-тегами;
- приемлемое для данного проекта соотношение цена/функциональность.

Пример экранной формы АРМ оператора АСУ ТП дозировки пека показан на рис. 9.

РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕДРЕНИЯ АСУ ТП

В настоящее время на заводе внедрены два смесительных комплекса, центральный контроллер и АРМ оператора АСУ ТП. Монтаж системы, наладка и внедрение модулей для отдельных смесительных машин продолжают. Тем не менее, уже можно констатировать положительные результаты проделанной работы.

Прежде всего, это повышение точности отвеса дозы пека за счёт применения датчиков веса повышенной точности и цифровых весовых приборов. Итоговая точность взвешивания дозы находится в пределах $\pm 0,5$ кг.

Во-вторых, достигнуто повышение точности дозировки за счёт применения трёхпозиционных кранов-дозаторов и цифровых методов адаптивной дозировки. Итоговая точность дози-

ровки не должна превышать ± 1 кг на 400 кг пека.

В-третьих, АСУ ТП позволила вести автоматический контроль всех технологических параметров, влияющих на качество приготовления массы: температуры шихты, температуры пека, температуры массы в процессе смешения. Эти параметры могут быть представлены в любых точках завода, где необходимо принятие решения по технологии смешительного передела. Помимо этого ведётся автоматический контроль временных технологических интервалов с целью соблюдения технологических режимов дозировки и смешения.

В-четвёртых, внедрение АСУ ТП позволило интегрировать процесс управления смесительным переделом с общей интегрированной АСУ производством завода, разработка которой начата совместно с отделом информационных технологий. Удалось достигнуть повышения гибкости и информативности технологического процесса приготовления массы, а также обеспечения оператора-технолога всеми данными, необходимыми для оперативного контроля технологии и принятия решений. ●

ЛИТЕРАТУРА

1. Фиалков А.С. Формирование структуры и свойств углеродистых материалов. — М. : Metallurgia, 1965. — 288 с.
2. Янко Э.А. Аноды алюминиевых электролизёров. — М. : Руда и металлы, 2001. — 670 с.
3. Сошкин С.В., Фокин В.П., Антонян А.С., Сорокин Н.П. Автоматизированная система дозирования сухой шихты в производстве электродной продукции // Современные технологии автоматизации. 2005. № 4. С. 50-53.