

# АСУ ТП установки CoLine-3 для Московского монетного двора

Игорь Бабер, Николай Карпов, Игорь Лелеков, Игорь Леонов, Сергей Марьев, Олег Митрофанов, Александр Сутырин, Николай Торгашев

В статье описывается АСУ ТП установки CoLine-3 для Московского монетного двора. В конструкции установки реализована безопасная вакуумная технология нанесения оптически прозрачных защитных покрытий на серебряные изделия. Рассмотрены аппаратные и программные решения, обеспечившие разработку установки в сжатые сроки с заданным качеством управления технологическим процессом и безопасностью эксплуатации.

## НАЗНАЧЕНИЕ И ОСОБЕННОСТИ УСТАНОВКИ

В декабре 2014 года была завершена разработка и произведена поставка на производственную площадку Московского монетного двора Гознака первой промышленной опытной установки CoLine-3. В 2016 году после проведения серии модернизаций алгоритмов управления и программного обеспечения установка была принята в промышленную эксплуатацию. Данная установка разработки научно-производственной фирмы «Элан-Практик» (г. Дзержинск Нижегородской области) призвана решить проблемы коррозии серебряных изделий. Особую актуальность данная проблема получила в производстве ювелирных изделий и серебряных монет группы качества Пруф. Пруф (англ. proof) — монеты высшего качества, имеющие ровную зеркальную поверхность поля и контрастирующий с ней матированный рисунок рельефа. Обычно для защиты их помещали в герметичные пластиковые капсулы, однако это не позволяло обеспечить эффективную и долговременную защиту.

Установка CoLine-3, как и сама технология, для России является уникальной. В Европе есть технологии для нанесения прозрачных слоёв оксида алюминия на монеты качества Пруф, они применяются на финском и австрийском монетных дворах. Но в этих технологиях используется в качестве реагента триметил алюминия, являющийся

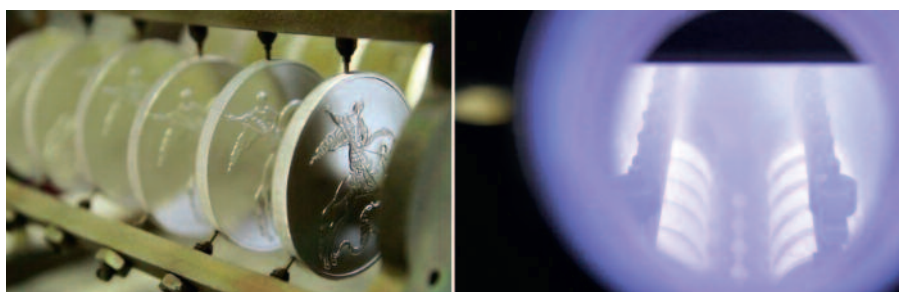


Рис. 1. Кассеты с монетами в процессе технологического цикла



Рис. 2. Установка CoLine-3

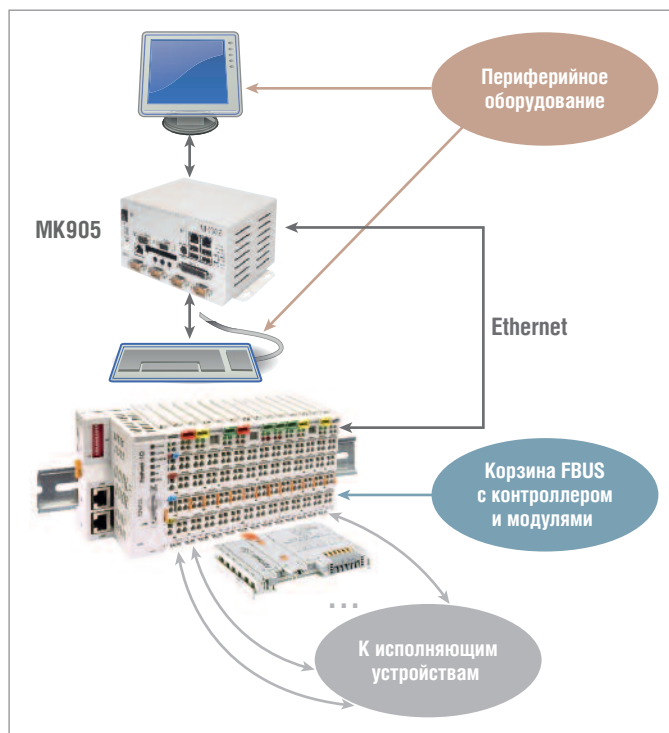


Рис. 3. Структурная схема аппаратных средств АСУ ТП

ся опасной субстанцией, так как это пиррофорная жидкость, которая воспламеняется при контакте с воздухом.

В работе установки CoLine-3 применяется экологически чистая и безопасная вакуумная технология нанесения оптически прозрачного покрытия оксида кремния на серебряные монеты качества Пруф. В основе технологии лежит разработанный компанией «Элан-Практик» метод генерации высокоионизированной реактивной плазмы, равномерно распределённой в протяжённой зоне размещения изделий. CoLine-3 представляет собой полностью автоматизированную трёхкамерную установку непрерывного действия. Сначала монеты, размещённые в специальной технологической оснастке, поступают в первую загрузочную камеру при помощи пневматического манипулятора. После вакуумирования и дегазации изделия поступают во вторую рабочую камеру. Там происходят два последовательных процесса: ионная очистка изделий посредством бомбардировки поверхности ионами аргона и процесс осаждения защитного покрытия в высокоионизированной реактивной плазме (рис. 1).

Далее изделия поступают в третью камеру выгрузки, где после короткого остывания в аргоне изделия перемещаются на разгрузку и упаковку. Процесс выгрузки готовых изделий совмещается с процессом загрузки очередной партии изделий в загрузочную камеру.

Длительность каждого технологического цикла, включающего загрузку, покрытие и выгрузку, составляет не более 4 минут. Производительность установки CoLine-3 для Пруф-монет диаметром 40 мм составляет 360 монет в час. Общий вид установки показан на рис. 2.

### ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АСУ ТП

Безусловно, функционирование многокамерной вакуумной установки, буквально нашпигованной датчиками, манипуляторами, клапанами, насосами и прочими устройствами, подразумевает наличие автоматизированной системы управления сложным технологическим процессом. Разработка АСУ ТП производилась совместно специалистами фирмы «Элан-Практик», которая являлась заказчиком системы автоматизации, и специалистами отдела автоматизации научных исследований Института прикладной физики РАН (ИПФ РАН), которыми выполнялось проектирование системы управления, разработка программного обеспечения, участие в пусконаладочных работах и техническое сопровождение в период опытной эксплуатации установки.

### АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА

Выбор аппаратных средств АСУ ТП был сделан, исходя из следующих требований и критериев:

- достаточные надёжность и функциональность, позволяющие реализовать

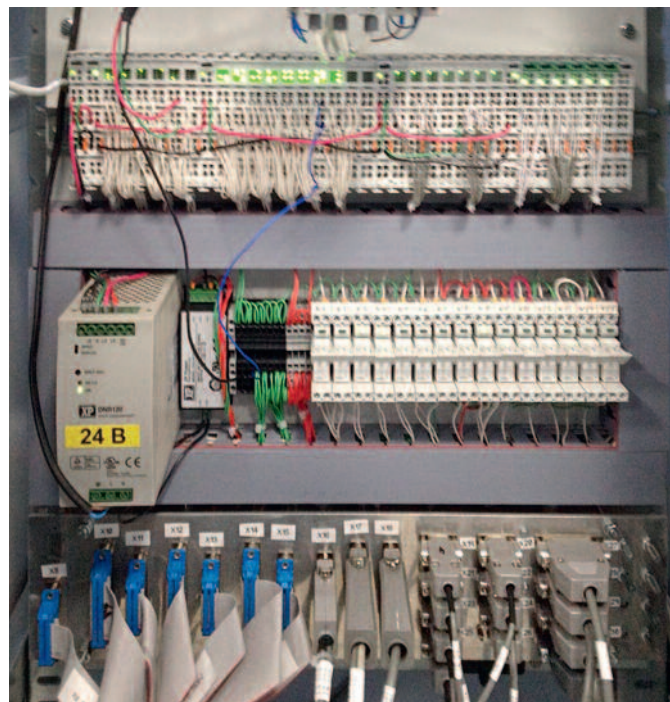


Рис. 4. Периферийная часть аппаратуры АСУ ТП: корзина с модулями, блок питания, коммутационная панель

все алгоритмы управления согласно требованиям технического задания, а также совершенствовать и развивать систему в будущем;

- компактность — вся система управления должна быть размещена в одном электротехническом шкафу;
- адаптация к среде разработки, позволяющей сократить трудозатраты на создание программного обеспечения;
- стандартные, проработанные и испытанные конструктивы отдельных частей, обеспечивающие высокую производительность труда при сборке и монтаже.

Следует отметить, что два последних пункта внесены в список критериев выбора аппаратных средств ввиду требований по срокам разработки АСУ ТП.

Исходя из перечисленных требований, была выбрана магистральная модульная архитектура, реализованная на аппаратуре из линейки продуктов компании FASTWEL. Структурная схема аппаратных средств АСУ ТП представлена на рис. 3.

В качестве управляющего компьютера использован модульный компьютер FASTWEL MK905 со стандартным периферийным оборудованием: монитором, клавиатурой и мышью.

В качестве интерфейсного оборудования, непосредственно взаимодействующего с исполнительными устройствами на уровне электрических сигналов, использована система FASTWEL I/O — модуль расширения внутренней





Рис. 5. Модульный компьютер MK905 с блоком питания

шины FBUS с набором модулей АЦП, ЦАП, цифрового ввода, цифрового вывода.

Благодаря наличию в компьютере MK905 шины FBUS модули ввода/вывода FASTWEL I/O подключены к нему напрямую. Аппаратура размещена в нижней части шкафа под монитором (рис. 4, 5).

### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Прикладное ПО разработано в среде CODESYS, адаптированной к контроллерам и модулям FASTWEL. Высокая степень интеграции этой среды разработки с аппаратными средствами, само-

достаточность и разнообразие языковых средств в сочетании со средствами отладки обеспечили высокую производительность труда разработчиков ПО, что позволило успешно разработать достаточно сложное и объёмное ПО в приемлемо короткие сроки.

Прикладное ПО загружается и функционирует на модульном компьютере MK905 под управлением следующего системного ПО:

- ОС Windows Compact Embedded;
- CODESYS 2.3 Runtime HMI.

Системное ПО предоставлено компанией FASTWEL в комплекте с аппаратными средствами.

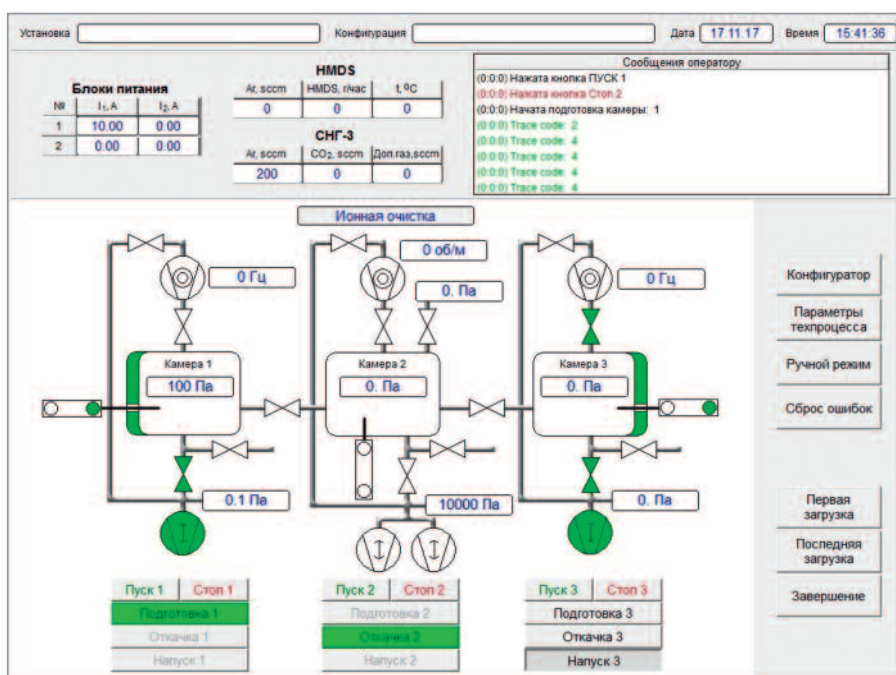


Рис. 6. Главная панель программы

Прикладная программа разработана (рис. 6) с использованием стандартных методов и решений, принятых для SCADA-систем. Основные элементы управления находятся на главной панели, где также расположены мнемонические изображения элементов конструкции установки и исполнительных узлов, таких как клапаны, измерительные датчики и насосы. С целью избежать функциональной и эргономической перегрузки экрана главной панели все дополнительные настройки сведены в отдельные диалоговые окна, которые могут быть открыты по необходимости нажатием соответствующих кнопок на главной панели.

Текстовые сообщения системы выводятся в специальном окне «Сообщения оператору». Предусмотрена цветовая кодировка текстовых сообщений разного типа: информационные сообщения о статусе, подсказки, предупреждения, текстовые строки трассировки, сообщения об ошибках. Имеется возможность просмотра сообщений в отдельном окне и одновременного просмотра истории сообщений в режиме прокрутки. Повторяющиеся сообщения об ошибках и сообщения о критических ошибках дублируются звуковым сигналом сирены, совмещённым с красным световым сигналом (устройство расположено на верхней поверхности шкафа с аппаратурой).

Дополнительным удобством ПО служит то, что большинство настроек технологических параметров системы, таких как пороги срабатывания датчиков, временные и логические параметры технологического процесса и т.д., возможно менять в реальном времени без остановки технологического цикла. Все параметры системы, показания датчиков и значения аналоговых и дискретных входов-выходов записываются в реальном времени в файлы протокола.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

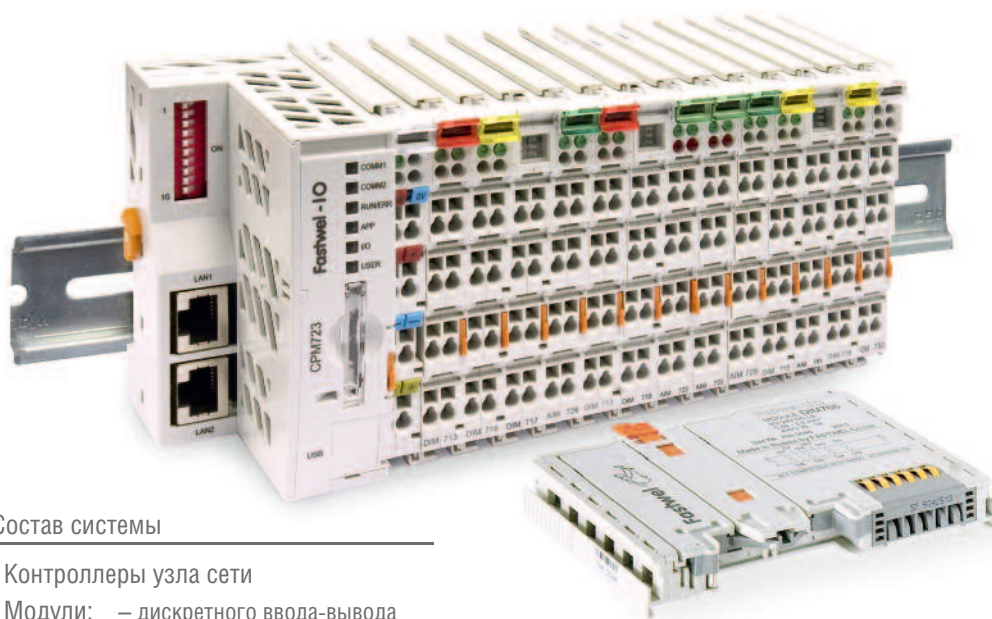
Использование установки CoLine-3 позволяет значительно повысить стойкость монет к коррозии и усилить защиту от старения серебра.

Применение современной АСУ ТП обеспечивает в полной мере реализацию преимуществ трёхкамерной концепции, использованной в установке CoLine-3, позволяет достигнуть максимальной производительности при высоком качестве контроля технологических процессов. ●

# Распределённая система ввода-вывода **FASTWEL I/O**

МОРСКОЙ РЕГИСТР  
ПОЖАРНЫЙ СЕРТИФИКАТ  
СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ  
РЕЕСТР СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

**-40...+85°C**



## Состав системы

- Контроллеры узла сети
- Модули:
  - дискретного ввода-вывода
  - аналогового ввода-вывода
  - измерения температуры
  - сетевых интерфейсов

## Модульный программируемый контроллер

- Процессоры 500/600 МГц
- Встроенный и внешний флэш-накопители объёмом до 32 Гбайт
- Энергонезависимая память 128 кбайт с линейным доступом
- Бесплатная адаптированная среда разработки приложений CODESYS
- Часы реального времени
- Сервис точного времени на базе GPS/GLONASS PPS
- Модули ввода-вывода с контролем целостности цепей



- CPM711**
- Протокол передачи данных CANopen
  - Сетевой интерфейс CAN



- CPM712**
- Протокол передачи данных Modbus RTU, DNP3
  - Сетевой интерфейс RS-485



- CPM713**
- Протокол передачи данных Modbus TCP, DNP3
  - Сетевой интерфейс Ethernet



- CPM723**
- Протоколы передачи данных Modbus TCP/RTU
  - Сетевой интерфейс 2xEthernet

