

**УДК 669.184:331.103:669.184.15**

**А.И. КРИВОНОСОВ**, докт. техн. наук, профессор, начальник отдела, **А.Е. КРИВОЛАПОВ**, главный конструктор, **С.П. БАЗЮЧЕНКО**, главный конструктор, **Ю.В. КАПЛУНОВ**, главный технолог, **А.А. ПИРОЖЕНКО**, главный технолог, **Е.Н. ГУРЫЛЕВ**, ведущий инженер, **А.С. БОРЯК**, ведущий инженер, **А.С. КИЙКО**, инженер 1 категории  
Государственное предприятие «Украинский научно-технический центр металлургической промышленности «Энергосталь» (ГП «УкрНТЦ «Энергосталь»), г. Харьков

## ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПОВЫШЕННОЙ НАДЕЖНОСТИ АСУ ТП ГАЗООТВОДЯЩЕГО ТРАКТА КОНВЕРТЕРА № 2 ПАО «ЕНАКИЕВСКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ЗАВОД»

Представлена разработанная, опробованная и введенная в эксплуатацию ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУ ТП) охлаждения и мокрой газоочистки модернизируемого газоотводящего тракта (ГОТ) конвертера № 2 кислородно-конвертерного цеха ПАО «ЕМЗ».

**Ключевые слова:** программно-технический комплекс, газоотводящий тракт, мокрая газоочистка, АСУ ТП ГОТ, основной контур управления, резервный контур управления, математическая модель процессов, комплекс технических средств.

Объектом автоматизации на ПАО «Енакиевский металлургический завод» (ПАО ЕМЗ) является модернизируемый ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» газоотводящий тракт (ГОТ) конвертера № 2 кислородно-конвертерного цеха (ККЦ). К началу работ по автоматизации ГОТ конвертера № 2 ПАО «ЕМЗ» ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» имел опыт разработки и успешного внедрения АСУ ТП ГОТ четырех конвертеров ККЦ ОАО «Нижнетагильский металлургический комбинат» (ОАО «НТМК») [1, 2], а также разработки АСУ ТП ГОТ конвертера № 2 ККЦ ОАО «Челябинский металлургический комбинат» (ОАО «ЧМК»).

Автоматизированная система управления газоотводящим трактом конвертера № 2 ККЦ ПАО «ЕМЗ» состоит из программно-технического комплекса (ПТК), средств КИПиА, исполнительных механизмов (ИИМ), электрооборудования и кабельных сетей.

Функции ПТК заключаются в следующем:

- измерение технологических параметров и контроль достоверности сигналов от датчиков аналогового типа;
- прием дискретных сигналов типа «сухой контакт» от датчиков релейного типа;



- контроль изменения параметров в заданных технологических пределах и сигнализации (световой и звуковой) при предаварийных и аварийных значениях контролируемых параметров;
- прием и формирование сообщений;
- учет характеристик исполнительных электроприводов, их состояния, контроль процесса работы электроприводов и перемещения запорной арматуры;
- выдача управляющих сигналов на исполнительные электроприводы;
- защиты и блокировки, перевод регуляторов, электроприводов и ИМ в безопасное состояние при возникновении неисправностей и других нештатных ситуаций;
- регулирование (стабилизация) расхода питательной воды по уровню воды в барабане-испарителе в соответствии с ПИД-законом регулирования;
- безударное включение и безударный переход при смене режимов работы и настроек контуров регулирования;
- возможность автоматического и дистанционного (ручного) управления электроприводами ГОТ конвертера при переходе на резервный контур управления;
- визуализация, архивирование и документирование архивных параметров в виде трендов процесса;
- диагностирование;
- обеспечение защиты информации от несанкционированного доступа;
- аварийное прекращение технологического процесса управления с фиксацией времени аварийного останова в журнале событий;
- формирование сигналов «Запрет начала продувки» и «Прерывание продувки».

**Структура и состав ПТК АСУ ТП ГОТ.** В качестве платформы автоматизации выбрана платформа SIMATIC S7 фирмы Siemens, которая хорошо зарекомендовала себя в системах управления разработок ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» на металлургических предприятиях Украины и России, что подтверждено, в частности, эксплуатацией АСУ ТП ГОТ конвертеров (четыре системы – на ОАО «НТМК», одна – на ОАО «ЧМК», 1 – на ПАО «ЕМЗ»).

АСУ ТП ГОТ конвертера № 2 спроектирована как двухуровневая распределенная система, в составе которой:

- подсистема «нижнего» уровня – технические средства четырех программируемых логических контроллеров (ПЛК) S7 300, обеспечивающих работу двух контуров управления (основного и резервного);
- подсистема «верхнего» уровня – три автоматизированных рабочих места операторов (АРМ-серверы, один из которых – резервный), обеспечивающие управление подсистемой технических средств ПЛК и интерфейс «человек-машина». Кроме этого, введе-

но АРМ инжиниринга, обеспечивающее возможность внесения изменений в программный проект непосредственно в цехе в период ввода в эксплуатацию газоотводящего тракта конвертера.

Укрупненная структурная схема ПТК АСУ ТП ГОТ конвертера представлена на рис. 1. Два АРМ-сервера АСУ ТП ГОТ и АРМ инжиниринга установлены в общем для всех конвертеров помещении пультовой оператора котлов. В операторской нагнетателей установлен третий АРМ-сервер оператора. Все АРМ-серверы – промышленные ПЭВМ фирмы Advantech. Все задачи «нижнего» уровня АСУ ТП распределены между четырьмя программируемыми логическими контроллерами (ПЛК) S7-315 фирмы Siemens для контроля и управления ГОТ (ПЛК1 – основной, ПЛК2 – резервный) и для контроля и управления нагнетателем (ПЛК3 – основной, ПЛК4 – резервный).

Такая резервированная структура (с основным и резервным контурами управления) явилась альтернативой требованию технического задания (ТЗ) – созданию (дополнительно) пульта ручного управления. При детальном рассмотрении механизма реализации данного требования выявлено, что объекты управления расположены на значительном расстоянии, существующее на заводе штатное распределение обязанностей предусматривает управление всеми тремя котлами и газоочистками одним оператором. Внедрение пульта ручного управления резко увеличивает количество и длины кабельных разводов и кабельных каналов, а также объем монтажных работ. Но самое главное – одновременно управлять в ручном режиме всеми системами ГОТ крайне проблематично (пять регуляторов, более 60 аварийных параметров, две параллельно работающие системы ГОТ конвертеров 1 и 3). Наличие резервного контура управления на базе ПЛК исключает необходимость создания и применения пульта ручного управления, стоимость которого (с учетом стоимости прокладки и монтажа всех дополнительных кабелей к этому пульту) вполне сравнима со стоимостью резервного контура ПЛК.

ПЛК основного и резервного контуров управления решают одинаковые функциональные задачи контроля и управления, а также противоаварийной защиты, включая контроль «аварийных» и регулирование необходимых технологических параметров. Отличие резервных ПЛК от основных состоит в том, что основной принимает и контролирует все сигналы от датчиков, а резервный (с целью экономии средств) – только сигналы, без которых невозможно управлять ГОТ и осуществлять противоаварийную защиту. Обмен информацией между контроллерами осуществляется по сети Ethernet с помощью волоконно-оптической линии связи (ВОЛС), поскольку расстояние существенно превышает 100 м.

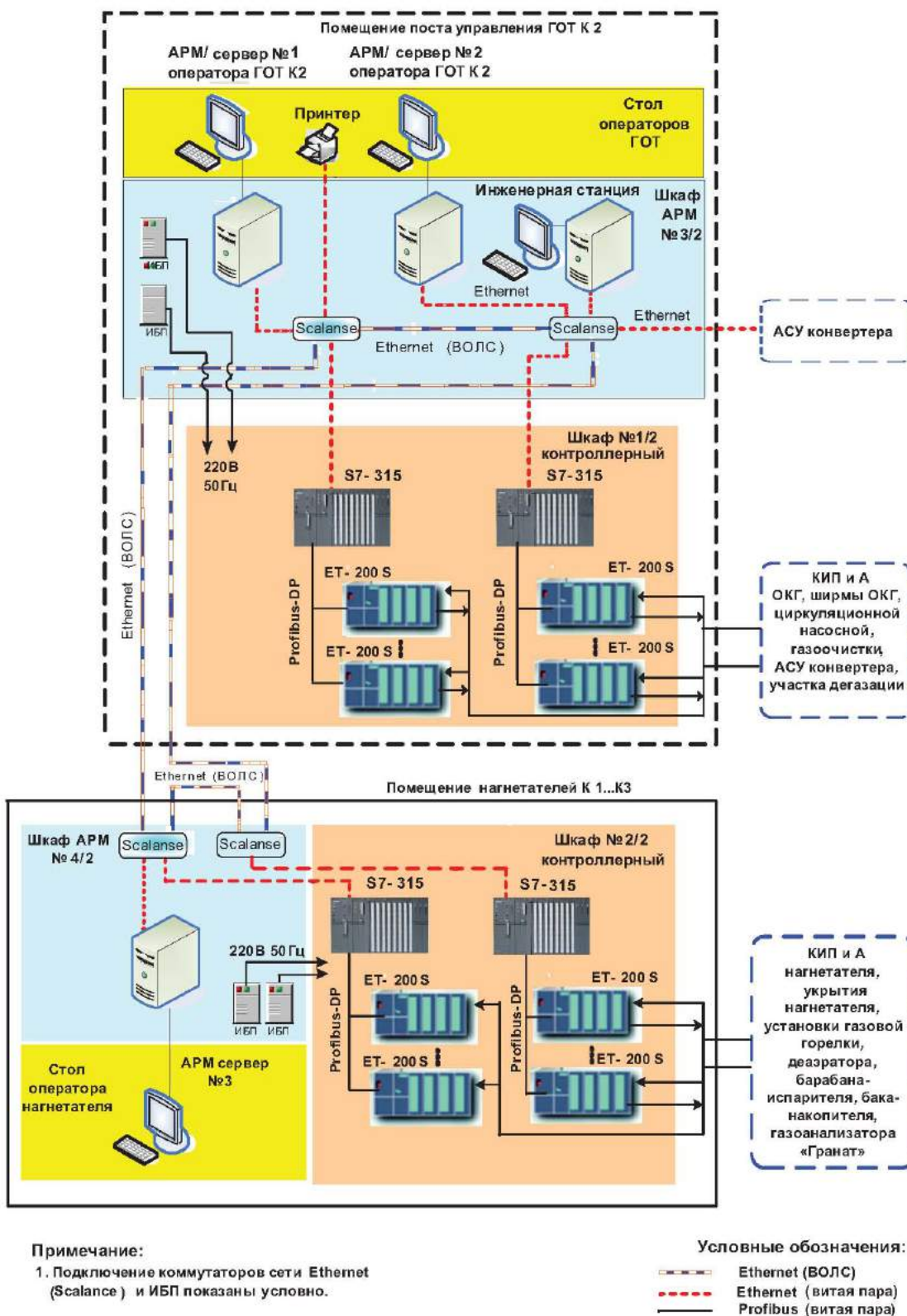


Рисунок 1 – Структурная схема ПТК АСУ ТП для конвертера № 2 ПАО «ЕМЗ»

Все технические средства «нижнего» уровня размещены в двух контроллерных шкафах. В каждом шкафу установлены процессорный модуль ПЛК и станции ET200S с модулями ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов, а также вторичные источники питания, развязывающие реле, коммутационные колодки. Все сиг-

налы термопар передаются непосредственно на модули станций ET200S, основная часть аналоговых сигналов (4–20 мА) принимается по двухпроводной схеме с «запиткой» от ПЛК, что обеспечивает работоспособность датчиков, а следовательно, и контроль необходимых аварийных параметров при отключении первичной сети питания.



Применена схема резервирования вторичных источников питания, которая работоспособна при практически любом отказе.

На «верхнем» уровне установлены источники бесперебойного питания (ИБП), каждый из которых обеспечивает питанием АРМ и ПЛК основного или резервного каналов.

Все технические средства «верхнего» уровня и сетевое оборудование размещены в двух шкафах. В каждом шкафу установлены промышленные ПВМ фирмы Advantech, источники бесперебойного питания UPS NetPro 19" фирмы General Electric, коммутаторы Scalance (все конструктивы – фирмы Rittal со степенью защиты IP54).

Программное обеспечение ПТК АСУ ТП ГОТ конвертера № 2 ПАО «ЕМЗ» разработано с учетом требований, предъявляемых к открытым системам, имеет стандартные интерфейсы и обеспечивает возможность информационного обмена с другими автоматизированными системами, которые соответствуют требованиям, предъявляемым к открытым системам на базе платформы фирмы Siemens.

Предусмотрено системное и прикладное программное обеспечение (ПО). Системное ПО, устанавливаемое на АРМ-сервера операторов и инженерной станции, имеет следующие составляющие:

- лицензионная операционная система Windows 7 Professional;
- ПО инженерной станции, включающее в себя лицензионные программные продукты:
- SIMATIC WinCC V7.0 SP2 RC;
- SIMATIC S7, STEP7 Prof 2010;
- SIMATIC CFC V7.1 SP2.
- ПО АРМ-серверов, включающее в себя лицензионный пакет SIMATIC WinCC V7.0 SP2 RT.
- Прикладное ПО ПТК АСУ ТП ГОТ конвертера № 2 представляет собой:
- ПО двух контуров управления, размещенное в четырех ПЛК;
- ПО АРМ-серверов (ПО АРМ инжиниринга + АРМ-серверов).

Каждая из четырех частей прикладного ПО ПЛК находится в своем контроллере. Программа каждого из контроллеров состоит из программ конфигурирования оборудования периферии, сбора информации, обработки и управления оборудованием ГОТ.

Задачами АРМ инжиниринга, входящего в состав прикладного ПО АРМ-сервера, являются программирование и загрузка контроллеров, конфигурирование АРМ-серверов и загрузка проекта ПО на АРМ-сервера для возможности внесения изменений в проект ПО.

Прикладное ПО АРМ-серверов предназначено для визуализации процесса контроля и управления АСУ ТП ГОТ конвертера № 2. Оператор имеет возможность осу-

ществлять мониторинг и управление технологическим процессом с помощью мнемосхем, которые имеются на экранах АРМ-серверов.

На мнемосхемах представлены:

- схемы участков технологического оборудования;
- значения измеренных параметров;
- состояние исполнительных механизмов технологического оборудования (включено, выключено, закрыто, открыто и т.п.).

Особенность ПТК АСУ ТП ГОТ конвертера № 2 контуров управления состоит в реализации двух контуров управления – **основного (ОКУ)** и **резервного (РКУ)**.

Два контроллера ОКУ выполняют функцию управления технологическим процессом работы ГОТ конвертера в штатном режиме при исправном состоянии ПТК; АСУ ТП – контроллеры РКУ осуществляют управление технологическим процессом в случае отказа ОКУ.

При реализации РКУ были решены технические вопросы контроля и управления по подключению нерезервированных датчиков и исполнительных механизмов к двум параллельно работающим контроллерам.

В **ОКУ** и **РКУ** обеспечиваются следующие режимы работы:

а) **автоматический** (автоматизированный), осуществляющий контроль параметров КИПиА и управление исполнительными механизмами (необходимыми по технологическому процессу блокировки и защиты, обеспечивающими безопасную работу газоотводящего тракта (ГОТ), автоматическое поддержание необходимых уровней воды в барабане-испарителе и деаэраторе);

б) **дистанционное управление** исполнительными механизмами (индивидуально, отдельным механизмом) с виртуальных панелей управления на видеокадрах мониторов АРМ-серверов.

Переключение на РКУ производится автоматически одним из двух контроллеров РКУ при двух событиях:

а) отсутствие специального сформированного сообщения по сети Ethernet о нормальном состоянии основного контура;

б) наличие информации о нормальном состоянии контроллеров РКУ.

Предусмотрена возможность переключения с ОКУ на РКУ вручную, от специальной кнопки, с монитора АРМ-сервера – при наличии специального пароля по приоритету более высокого уровня, чем у оператора.

При переключении на РКУ – на мониторах видеокадров основного контура управления на видеокадры резервного контура управления (с меньшим количеством датчиков и ИМ) переключение производится оператором – переключение контуров управления сопровожда-

ется наличием сообщения о переходе на резервный контур управления световой и звуковой сигнализацией, а также фиксируется в протоколе событий и в архиве.

Контроллеры резервного контура управления работают в режиме «горячего резерва» (получение информации от датчиков аварийных параметров и принятие решения, но с блокировкой исполнения), а также контроль работоспособного состояния контроллеров ОКУ.

Переключение с основного на резервный контур управления осуществляется автоматически при появлении неисправности в одном из двух основных контроллеров ОКУ. При этом состояние ИМ (открыт, закрыт, промежуточное рабочее состояние) сохраняется за счет выхода РКУ из резервного состояния и включения его в управление оборудованием ГОТ конвертера.

На мониторы АРМ-серверов при работе ОКУ выводится в полном объеме следующая информация:

- статусное и функциональное состояние основного оборудования;
- состояние органов дистанционного управления режимами работы оборудования;
- диагностическая информация состояния оборудования АСУ ТП;
- графики измеренных параметров;
- справочная информация.

При работе РКУ на мониторы выводится информация в объеме задач дистанционного (ручного) управления технологическим процессом ГОТ.

В ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» создана динамическая математическая модель (ММ) работы ГОТ конвертера. ММ работы газоотводящего тракта реализована с помощью штатных программных средств компании Siemens и устанавливается в соответствующих ПЛК ПТК АСУ ТП ГОТ конвертера.

Перед отправкой Заказчику программно-технический комплекс проверялся в замкнутой схеме на комплексном стенде ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» во всех режимах работы газоотводящего тракта с подключением математических моделей процессов [3, 4], что позволило значительно повысить качество прикладного программного обеспечения ПТК АСУ ТП ГОТ конвертера.

## ВЫВОДЫ

1. ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» разработан, изготовлен, отработан, поставлен и введен в эксплуатацию программно-технический комплекс АСУ ТП ГОТ конвертера №2, обеспечивающий повышение надежности за счет создания двухконтурной системы управления, включающей основной и резервный контуры управления и гарантирующий непрерывность процесса плавки в конвертере.

2. В ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» создана и использована для отработки программного и алгоритмического обеспечения АСУ ТП математическая модель работы газоотводящего тракта, что позволило ускорить процесс разработки и повысить качество отработки прикладного ПО, уменьшить время проведения пусконаладочных работ на объекте управления, предотвратить возможные нарушения технологического процесса работы ГОТ при использовании в контурах управления и регулирования устройств с характеристиками, которые не соответствуют проектным.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Сталинский Д.В.** Обеспечение заданных экологических и энергетических показателей работы газоотводящих трактов конвертеров путем создания современных систем АСУ ТП / Д.В. Сталинский, А.Ю.Пирогов, А.З. Рыжавский, А.И. Кривонос, А.Е. Криволапов, Ю.В. Каплунов // Экология и промышленность. – 2009. – № 3. – С. 20–24.
2. **Криволапов А.Е.** Использование математических моделей при создании АСУ ТП газоотводящего тракта конвертера ОАО «НТМК» / А.Е. Криволапов, А.И. Кривонос, А.Ю.Пирогов, Ю.В. Каплунов, С.Н. Панасенко // Экология и промышленность. – 2008. – № 3. – С. 37–41.
3. **Бойченко Б.М.** Конвертерное производство стали: теория, технология, качество стали, конструкция агрегатов, рециркуляция материалов и экология / Б.М. Бойченко, В.Б. Охотский, П.С. Харлашин // Днепропетровск: РВА «Дніпро-ВАЛ», 2006, 454 с.
4. **Бусленко Н.П.** Моделирование сложных систем. М. : «Наука», 1968, 556 с.

*Поступила в редакцию 17.08.2012*

Надано розроблену, апробовану та введено в експлуатацію ДП «УкрНТЦ «Енергосталь» автоматизовану систему управління технологічним процесом (АСУ ТП) охолодження і мокрої газоочистки модернізованого газовідвідного тракту (ГВТ) конвертера № 2 кисло-родно-конвертерного цеху ПАО «ЄМЗ».

The article presents control automation system of a cooling process and wet scrubber developed, worked through and put into operation by SE «UkrRTC «Energostal» for the modernized gas-outlet duct of a converter No. 2 in oxygen-converter shop of PbjSC «Yenakieve Iron and Steel Works».