

УДК 004.896:669.184.15

А.И. КРИВОНОСОВ, докт. техн. наук, профессор, начальник отдела,**А.Е. КРИВОЛАПОВ**, главный конструктор, **А.А. ПИРОЖЕНКО**, главный технолог,**С.В. ШАХОВ**, главный технолог, **А.С. БОРЯК**, ведущий инженер, **С.Н. ПАНАСЕНКО**, ведущий инженер

Государственное предприятие «Украинский научно-технический центр

металлургической промышленности «Энергосталь» (ГП «УкрНТЦ «Энергосталь»), г. Харьков

АСУ ТП ГАЗООТВОДЯЩЕГО ТРАКТА КОНВЕРТЕРА № 2 КИСЛОРОДНО-КОНВЕРТЕРНОГО ЦЕХА ОАО «ЧМК»

Представлена автоматизированная система управления технологическим процессом газоотводящего тракта конвертера № 2 кислородно-конвертерного цеха ОАО «Челябинский металлургический комбинат», разработанная и внедренная ГП «УкрНТЦ «Энергосталь».

Ключевые слова: программно-технический комплекс, газоотводящий тракт, АСУ ТП, резервированный контроллер, PCS7, SIMOCODE pro V, преобразователь частоты, охладитель конвертерных газов, барабан-сепаратор.

ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» разработана и внедрена автоматизированная система управления технологическим процессом газоотводящего тракта конвертера № 2 (АСУ ТП ГОТ К2) ОАО «Челябинский металлургический комбинат» (ОАО «ЧМК»), являющаяся базовой и для двух остальных конвертеров кислородно-конвертерного цеха (ККЦ). В процессе проектирования использован опыт разработки и успешного внедрения АСУ ТП ГОТ четырех конвертеров ККЦ ОАО «Нижнетагильский металлургический комбинат» (ОАО «НТМК»). Генеральным проектировщиком всех газоотводящих трактов конвертеров ОАО «НТМК» и ОАО «ЧМК» является ГП «УкрНТЦ «Энергосталь».

Объектом автоматизации является модернизируемый газоотводящий тракт с полным дожиганием конвертерного газа К2 ККЦ ОАО «ЧМК». ГОТ конвертера обеспечивает дожигание, охлаждение, очистку от пыли и отвод в атмосферу конвертерного газа [1].

Все оборудование ГОТ конвертера № 2 можно условно разделить на три функциональные группы:

- оборудование котла-охладителя конвертерных газов (ОКГ);
- оборудование системы мокрой газоочистки (ГО), которая предназначена для очистки запыленных конвертерных газов до санитарных норм перед выбросом в атмосферу;
- оборудование системы газоудаления, включая дымосос, который обеспечивает разрежение по трассе движения конвертерных газов и последующий отвод их в атмосферу.

В состав оборудования парового ОКГ входят:

- барабан-сепаратор;
- 12 контуров охлаждения конвертерного газа циркулирующей водой;
- циркуляционная насосная с семью циркуляционными насосами (ЦН) с задвижками на всасе и нагнетании;
- узел питания котловой воды, включающий два регулирующих клапана (РК) и четыре задвижки;
- узел непрерывной продувки котловой воды, состоящий из одного РК и одной задвижки;
- цеховые трубопроводы пара, котловой и питательной воды.

На рис. 1 представлен видеокادر мнемосхемы «Барабан-сепаратор», которая включает барабан-сепаратор, узел питательной воды, линию непрерывной продувки, цеховые трубопроводы пара, аварийный слив воды из барабана и аварийный сброс пара в атмосферу.

В состав оборудования мокрой газоочистки входят:

- узел предварительной очистки газа (УПО);
 - узел скруббера;
 - регулируемая труба Вентури;
 - баки гидрозатворов скруббера и трубы Вентури;
 - два каплеуловителя с завихрителями;
 - бункера для сбора шламовой воды;
 - газоход от скруббера до трубы Вентури, трубопроводы и клапаны системы газоочистки.
- Оборудование системы газоудаления включает:
- дымосос – радиальный нагнетатель высокого давления производительностью 7 тыс. м³/мин с системой регулирования оборотов двигателя на основе преобразователя частоты (ПЧ);

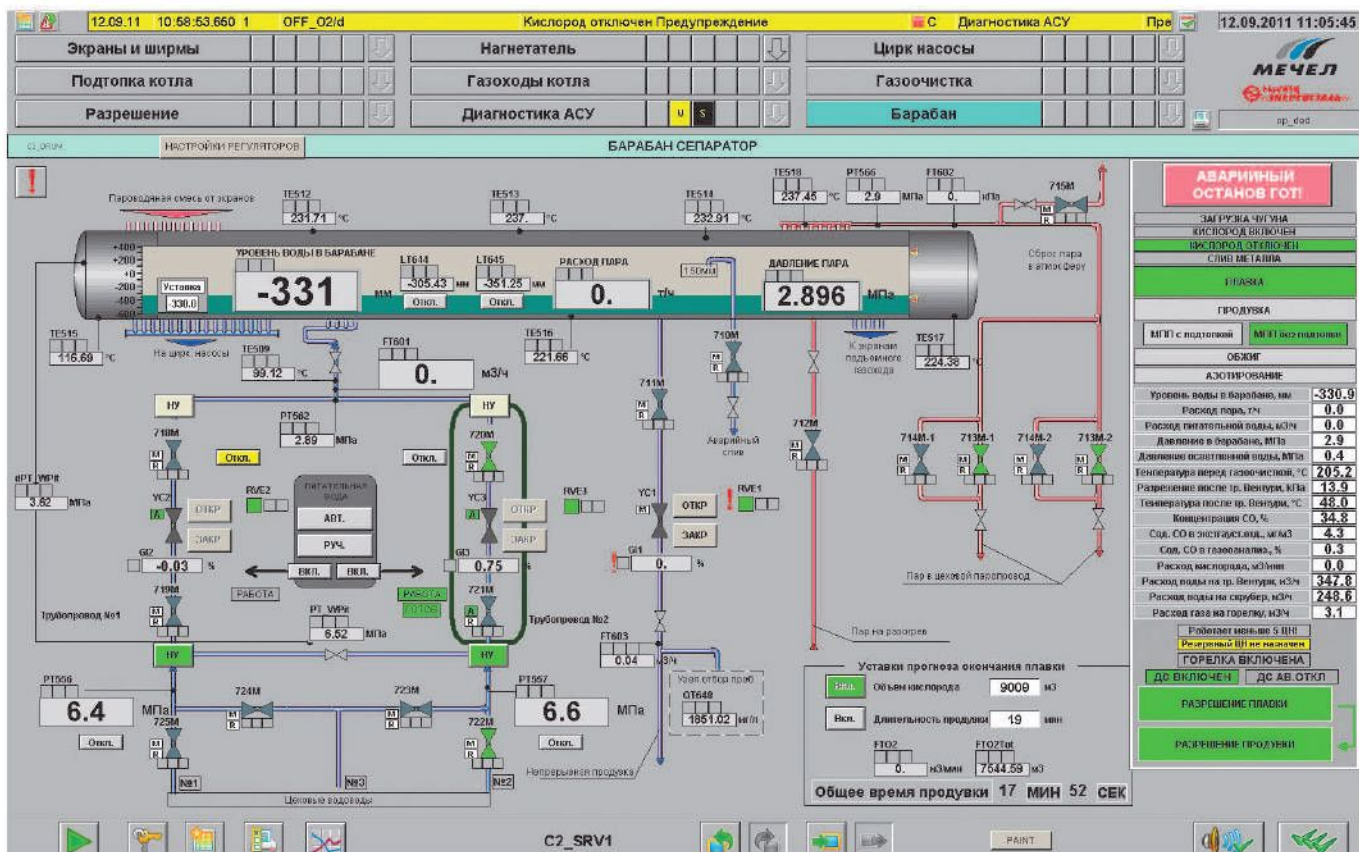


Рисунок 1 – Видеокадр мнемосхемы «Барабан-сепаратор»

- вспомогательное оборудование дымососа (два маслососа, шибер на всасе и заслонка на нагнетании);
- тракты очищенного газа до нагнетателя и от нагнетателя;
- дымовую трубу для выброса очищенного газа.
Дымосос установлен в машинном зале отдельно стоящего здания.

СТРУКТУРА И СОСТАВ АСУ ТП ГОТ К2

АСУ ГОТ конвертера № 2 ККЦ ОАО «ЧМК» состоит из программно-технического комплекса (ПТК), средств КИПиА, исполнительных механизмов (ИМ), электрооборудования и кабельных сетей.

Сигналы, поступающие от датчиков по двухпроводной линии связи, подаются на вход модулей станций ввода/вывода ET200M, оцифровываются и по шине Profibus DP поступают в контроллер, где происходит приведение оцифрованных сигналов из кода аналого-цифрового преобразователя (АЦП) к физическому виду и осуществляется их первичная обработка (такт решения задачи – 100 мс). Для приема сигналов с удаленного технологического оборудования, например дымососа, используется удаленный шкаф ввода/вывода (RIO), который соединен с контроллерным шкафом по резервированным оптоволоконным линиям связи шины

Profibus DP. Данное техническое решение исключает возможность попадания помех в линии связи, что повышает надежность передачи данных.

В качестве платформы автоматизации выбрана аппаратно-программная платформа SIMATIC PCS7 производства фирмы Siemens.

Аппаратная часть ПТК спроектирована как двухуровневая распределенная система, в состав которой входят:

- подсистемы нижнего уровня – технические средства резервированных программируемых логических контроллеров S7 417-4H со станциями ввода/вывода ET200M, устройства контроля и управления двигателями SIMOCODE pro V, передающие данные по сети Profibus DP;
- подсистемы верхнего уровня – автоматизированные рабочие места операторов (АРМ-серверы), обеспечивающие человеко-машинный интерфейс и архивирование технологических данных, а также OPC-сервер для связи с более высокими уровнями управления.

Структурная схема ПТК АСУ ТП ГОТ К2 представлена на рис. 2.

АРМ-сервер операторской котла дублирован, а АРМ-сервер дымососной – нет, при этом на любом из трех АРМ-серверов можно увидеть видеокадры всех подсистем.

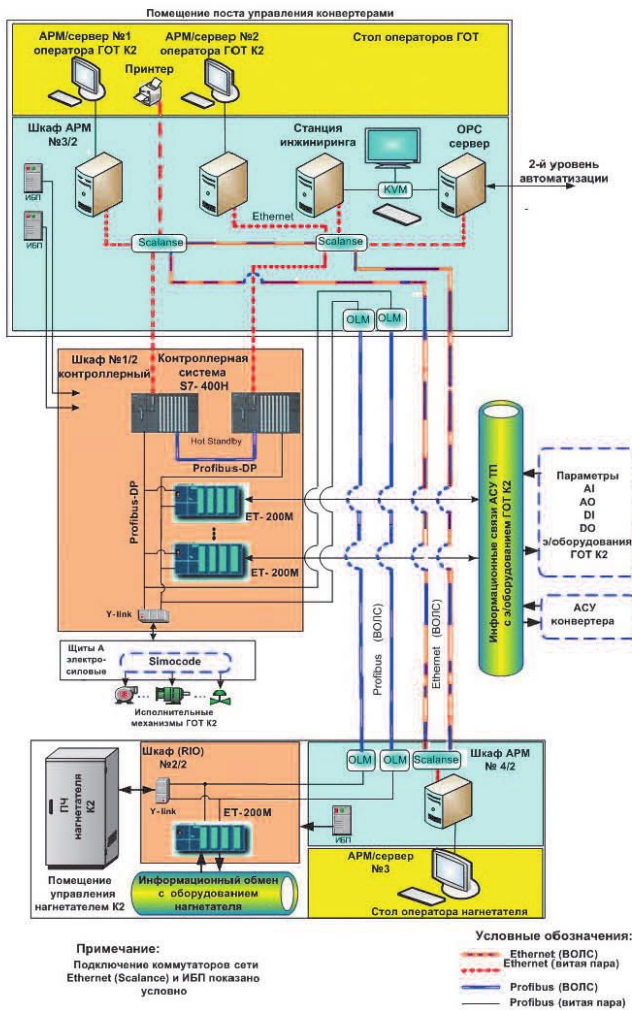


Рисунок 2 – Структурная схема ПТК АСУ ТП ГОТ К2

В качестве АРМ-серверов применены промышленные ПЭВМ фирмы Advantech. Для организации связи контроллеров с удаленными станциями ввода/вывода ET200M выполнен переход медной шины Profibus DP на волоконно-оптическую линию связи (ВОЛС) с помощью модулей OLM. Обмен информацией между контроллерами и АРМ осуществляется по сети Ethernet, которая построена на базе коммутаторов Scalance X200, поддерживающих кольцевую структуру сети с сохранением работоспособности при обрыве в любом месте.

При авариях, связанных с отказом системы первичного электропитания, сохранность информации обеспечивается использованием энергонезависимых устройств для ее хранения, а также источников бесперебойного питания класса online компании General Electric, позволяющих осуществлять безаварийный останов системы и корректное выключение вычислительных средств при длительном отсутствии (более 30 минут) первичного питания.

Все оборудование нижнего и верхнего уровней (за исключением консолей операторов) размещено в шка-

фах фирмы Rittal со степенью защиты IP54. Для удобства работы операторов консоли и светозвуковые колонны находятся на столах.

Программное обеспечение (ПО) ПТК АСУ ТП ГОТ К2 построено с учетом технологических особенностей данных объектов автоматизации и состоит из системного и прикладного ПО. Системное программное обеспечение ПТК АСУ ТП ГОТ К2 АРМ-серверов включает:

- лицензионную операционную систему Microsoft Windows XP Professional SP3;
- ПО АРМ-серверов – лицензионный пакет SIMATIC PCS7 и SIMATIC NET IE S7-REDCONNECT;
- ПО OPC-сервера – программный продукт SIMATIC NET IE S7-REDCONNECT.

ПО инженерной станции состоит из лицензионного пакета SIMATIC PCS7, PCS 7 Library SIMOCODE pro и программного продукта SIMOCODE ES Professional для конфигурирования устройств SIMOCODE pro V. Инженерная станция ПТК АСУ ТП ГОТ К2 используется для загрузки ПО в контроллеры, АРМ-серверы и OPC-сервер.

Прикладное программное обеспечение ПТК АСУ ТП ГОТ К2 включает прикладные ПО контроллеров, АРМ-серверов и OPC-сервера.

Структура взаимодействия программного обеспечения ПТК АСУ ТП ГОТ К2 представлена на рис. 3.

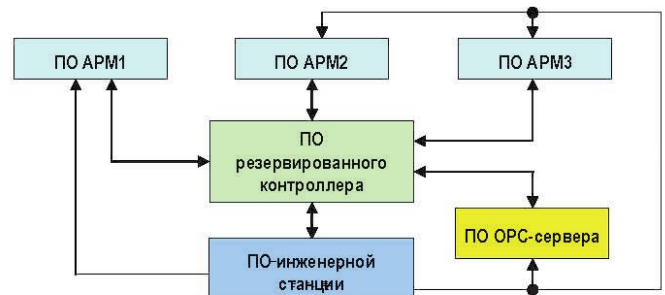


Рисунок 3 – Структура взаимодействия программного обеспечения ПТК АСУ ТП ГОТ К2

Прикладное программное обеспечение контроллеров ПТК АСУ ТП ГОТ К2 представляет собой ПО резервированного контроллера. Резервирование обеспечивается как аппаратными средствами, так и на уровне операционной системы контроллера. При отказе одного из контроллеров происходит безударный переход на резервный контроллер.

Прикладное ПО АРМ-серверов предназначено для визуализации процесса контроля и управления АСУ ТП ГОТ К2. Оператор имеет возможность осуществлять мониторинг, а также управление технологическим процессом и (при необходимости) исполнительными меха-



низмами с виртуальных панелей, отображаемых на видеокдрах мнемосхем.

На мнемосхемах представлены:

- схемы участков технологического оборудования;
- значения измеренных параметров;
- состояния ИМ технологического оборудования (включено, выключено, закрыто, открыто и др.).

Задачами инженерной станции являются программирование и загрузка контроллеров при пусконаладочных работах и эксплуатации, конфигурирование АРМ-серверов, загрузка проекта на АРМ-серверы и OPC-сервер.

ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ПТК

Система ПТК построена на паре резервированных контроллеров S7-417-4H (производства фирмы Siemens), специальная операционная система которых позволяет переключать управление с отказавшего контроллера на резервный в течение 30 мс с гарантией сохранения данных и запросов при прерывании.

Применение карты Ethernet CP1613, установленной в АРМ-сервер, и программного продукта SIMATIC NET IE S7-REDCONNECT позволяет при отказах активного контроллера автоматически переключать связь АРМ-сервера на соединение с резервным контроллером.

Применение преобразователя частоты сокращает расходы на энергоресурсы и увеличивает срок службы дымососа за счет его перевода на пониженные обороты в периоды между плавками. Данные, принимаемые с ПЧ, обеспечивают достоверный контроль параметров и оперативное управление двигателем дымососа.

Технологическим процессом управляют с помощью исполнительных механизмов, работа которых регулируется устройствами контроля и управления двигателями SIMOCODE pro V: при отклонении параметров двигателя ИМ от нормы происходит его автоматическое отключение. Связь с устройствами SIMOCODE pro V осуществляется через устройство Y-Link по шине Profibus DP. Y-Link выбирает активную шину Profibus DP из двух резервированных контроллеров и производит коммутацию данной шины на шину с устройствами SIMOCODE pro V.

Важнейшим фактором контроля и управления технологическим процессом ГОТ является предотвращение аварийных ситуаций, связанных с работой котла и барабана-сепаратора, при отказе управляющего контроллера. В отсутствие резервного контроллера в зависимости от фазы плавки, уровня воды в барабане, давления пара в паровом коллекторе, давления питательной воды, положений задвижек и регулирующих клапанов узла питательной воды, линии непрерывной продувки, клапанов

(задвижек) аварийного сброса пара и аварийного слива воды из барабана-сепаратора возможны следующие ситуации:

- «упуск» воды из котла-охладителя конвертерных газов [2];
- «перепитка» барабана-сепаратора.

В случае «упуска» воды из ОКГ прежде всего может возникнуть отказ циркуляционных насосов. Поступление на вход ЦН неоднородной среды (пароводяной смеси) приводит к появлению гидравлических ударов, которые способны повредить ротор ЦН, задвижки или водовод.

«Перепитка» барабана-сепаратора чревата его переполнением и, как следствие, попаданием котловой воды в паровой коллектор, из-за чего могут возникнуть гидроудары, разрушающие паропровод. Такие явления наблюдались во время имитации отказа управляющего контроллера при моделировании процессов в ГОТ конвертеров НТМК и ЧМК.

Аварийная ситуация возникает внезапно, при этом ритм работы и порядок выполнения операций резко изменяются. Решения необходимо принимать быстро и правильно, так как под угрозой находятся не только огромные материальные ценности, но и жизнь персонала. В связи с тем, что аварийные ситуации очень редки, а готовность к ним должна быть постоянной, противоаварийная защита должна работать в автоматическом режиме.

Примененная в контроле и управлении система S7-417-4H решает функции противоаварийной защиты и позволяет даже при отказе процессорного модуля или его блока питания исключить возможность «упуска» котловой воды (или «перепитки») за счет контура регулирования ее уровня в барабане-сепараторе в резервном процессорном модуле и довести до конца технологический процесс плавки металла в конвертере.

АСУ ТП ГОТ К2 спроектирована с учетом требований, предъявляемых к открытым системам, имеет стандартные интерфейсы и обеспечивает возможность информационного обмена с другими автоматизированными системами. Эта АСУ принимает и обрабатывает следующие типы сигналов:

- аналоговые сигналы от датчиков и преобразователей с унифицированным входным сигналом 4–20 мА;
- аналоговые сигналы непосредственно от термпар;
- входные дискретные сигналы;
- сигналы состояния ИМ от устройств контроля и управления двигателями SIMOCODE pro V, включая сигналы предупреждения и аварии.

Общее количество контролируемых параметров и сигналов на управление и сигнализацию для АСУ ТП ГОТ К2:

- входные аналоговые – 103;
- выходные аналоговые – 1;
- входные дискретные – 52;
- выходные дискретные – 23;
- ИМ различного назначения (задвижки, электромагнитные и регулирующие клапаны, вентиляторы, насосы) – всего 48, из которых 43 управляются через аппараты SIMOCODE pro V.

АСУ ТП ГОТ К2 выполняет следующие функции:

- автоматический прием технологических аналоговых и дискретных параметров и их первичную обработку;
- автоматический контроль изменения параметров в заданных технологических пределах и сигнализацию (световую и звуковую) при аварийных значениях контролируемых параметров с фиксацией времени в журнале событий;
- контроль, автоматическое и дистанционное управление всеми электродвигателями, клапанами и задвижками системы через SIMOCODE pro V;
- изменение технологических заданий, настроек контуров регулирования и других настраиваемых параметров (в т.ч. аппаратов SIMOCODE pro V);
- автоматическое выявление (в процессе штатного функционирования) неисправностей аппаратуры ПТК;
- автоматические блокировки и/или перевод регуляторов и другого оборудования в безопасное состояние при возникновении нештатных ситуаций;
- отображение текущих значений технологических параметров на видеокадрах, архивирование всех измеряемых параметров, событий и действий оператора с возможностью просмотра и распечатки архивной информации в любое время;
- обеспечение защиты информации от несанкционированного доступа;
- автоматический безударный переход при смене режимов работы и настроек контуров регулирования;
- автоматическое включение резервного циркуляционного насоса;
- автоматический сброс пара в атмосферу при превышении заданного значения его давления в барабане-сепараторе;
- автоматический перевод дымососа на повышенные обороты в начале плавки;
- автоматический слив воды из барабана-сепаратора при аварийном верхнем уровне воды;
- автоматическое регулирование непрерывной продувки (поддержание необходимого солесодержания котловой воды);
- автоматическое регулирование расхода питательной воды и поддержание (стабилизация) заданного

уровня воды в барабане-сепараторе в соответствии с ПИД-законом для всех режимов работы ГОТ конвертера и при штатной работе оборудования, и при отказе рабочей линии питательной воды, и даже при отказе одного контроллера.

В случае отказа рабочей линии (из-за отказа регулирующего клапана или низкого давления питательной воды) происходит автоматическое переключение на резервную линию.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАБОТЫ ГОТ К2

ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» создана динамическая математическая модель работы ГОТ конвертера [3] для анализа штатных и нештатных ситуаций. ПО этой модели построено на основе программных средств компании Siemens и реализуется в программируемых логических контроллерах ПТК АСУ ТП ГОТ конвертера.

Программно-технический комплекс проверялся в замкнутой схеме на комплексном стенде ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» во всех режимах работы газоотводящего тракта с подключением математической модели процессов, что позволило значительно повысить качество прикладного программного обеспечения ПТК АСУ ТП ГОТ конвертера № 2 и сократить время пусконаладочных работ АСУ ТП.

ВЫВОДЫ

1. ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» разработан, изготовлен, отлажен, поставлен заказчику и введен в эксплуатацию ПТК АСУ ТП ГОТ К2.

2. Применение системы PCS7 позволяет существенно сократить время разработки программного обеспечения за счет автоматического формирования сообщений и диагностики аппаратных средств, привязки сигналов и исполнительных механизмов на видеокадрах к переменным процесса, автоматического построения дерева видеокадров и др. К тому же PCS7 имеет ряд встроенных отработанных типовых программных модулей (аналоговые сигналы, дискретное измерение, различные диагностические модули), что тоже сокращает срок разработки ПО.

3. Применение программного продукта PCS7 Library SIMOCODE pro дает возможность использовать готовые программные модули для исполнительных механизмов.

4. Применение аппаратов SIMOCODE pro V, контролирующих параметры двигателя, позволяет автоматически отключать двигатели при любых отказах или выходе какого-либо параметра за рабочий диапазон даже в случае отсутствия связи такого аппарата с контроллером.



АСУ ТП выполняет все возложенные на нее функции, в т.ч. осуществляет противоаварийную защиту, благодаря чему даже при отказе одного контроллера плавка может быть доведена до конца, так как второй контроллер продолжает выполнять все функции, включая регулирование уровня воды в барабане-сепараторе.

В ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» создана и используется для отладки программного и алгоритмического обеспечения АСУ ТП математическая модель работы газоотводящих трактов. Применение математической модели позволяет повысить качество отработки прикладного ПО и сократить сроки пусконаладочных работ на объекте.

вертеров путем создания современных систем АСУ ТП / Д. В. Сталинский, А. Ю. Пирогов, А. З. Рыжавский, А. И. Кривоносов, А. Е. Криволапов, Ю. В. Каплунов // Экология и промышленность. – 2009. – № 3. – С. 20–24.

2. **Либерман Г. Р.** Предупреждение аварий и неполадок котельного оборудования / Г. Р. Либерман : под ред. инж. П. С. Кибрика. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1966. – 236 с.
3. Использование математических моделей при создании АСУ ТП газоотводящего тракта конвертера ОАО «НТМК» / А. Е. Криволапов, А. И. Кривоносов, А. Ю. Пирогов, Ю. В. Каплунов, С. Н. Панасенко // Экология и промышленность. – 2008. – № 3. – С. 37–41.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Поступила в редакцию 31.10.2013

1. Обеспечение заданных экологических и энергетических показателей работы газоотводящих трактов кон-

Надано автоматизовану систему управління технологічним процесом газовідвідного тракту конвертера № 2 киснево-конвертерного цеху ВАТ «Челябінський металургійний комбінат», що розроблена і введена в експлуатацію ДП «УкрНТЦ» «Енергосталь».

One be provided automated process control system for gas-escape track of converter No.2 of LD plant at ОАО "Chelyabinsk Metallurgical Plant" developed and implemented by SE "UkrRTC "Energostal".