

Импортозамещение контроллерного оборудования систем управления кислородно-конвертерным производством стали на Новолипецком металлургическом комбинате с использованием отечественного оборудования

М.Е. Тараненко

Губкинский филиал ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», г. Губкин, Россия

Аннотация: Высокая актуальность вопросов, связанных с импортозамещением иностранного контроллерного оборудования на отечественные разработки для систем автоматизированного управления ведением технологического процесса на горнорудных и металлургических компаниях продиктована отсутствием возможности закупки и технической поддержки комплектующих автоматизированных систем управления для обеспечения режима непрерывного производства горно-металлургических предприятий, а также для обеспечения потребностей страны продукцией черной металлургии.

В данной статье рассмотрена разработка автоматизированной системы управления технологическим процессом производства стали в кислородном конвертере на Новолипецком металлургическом комбинате с применением контроллеров отечественного производителя.

Переход на автоматизированные системы управления, основанные на отечественном контроллерном оборудовании, является стратегически важным шагом для предприятия, направленным на повышение эффективности производственных процессов, повышение надежности систем и стабильности производства, за счет оптимизации технологических процессов и сокращения зависимости производства от импортного оборудования.

Ключевые слова: импортозамещение, конвертер, кислородно-конвертерное производство, производство стали, контроллер, автоматизированные системы управления.

Описание существующей технологии и автоматизации кислородно-конвертерного производства стали

В рамках исследования производственных процессов на Новолипецком металлургическом комбинате (НЛМК) выявлено, что используется интегрированный металлургический цикл. Этот цикл охватывает комплекс процедур, начиная от первоначальной обработки железной руды и заканчивая созданием финальных металлопродуктов, в частности, проката различных типов - как с покрытиями, так и без них. Важно отметить, что исследование включает в себя анализ всех ключевых

этапов производственного процесса, подчеркивая их взаимосвязь и значимость в контексте общей металлургической деятельности [1,2].

В работах [1,2] приводятся основы металлургического производства, детальное описание доменного производства, существующих классических и инновационных технологий выплавки стали, конструкций сталеплавильных агрегатов (кислородных конвертеров), подробно описаны термодинамические процессы и химические реакции, протекающие в агрегатах выплавки и внепечной обработки стали.

На схеме, представленной на рисунке 1, демонстрируется иерархия и последовательность производственных операций на комбинате.

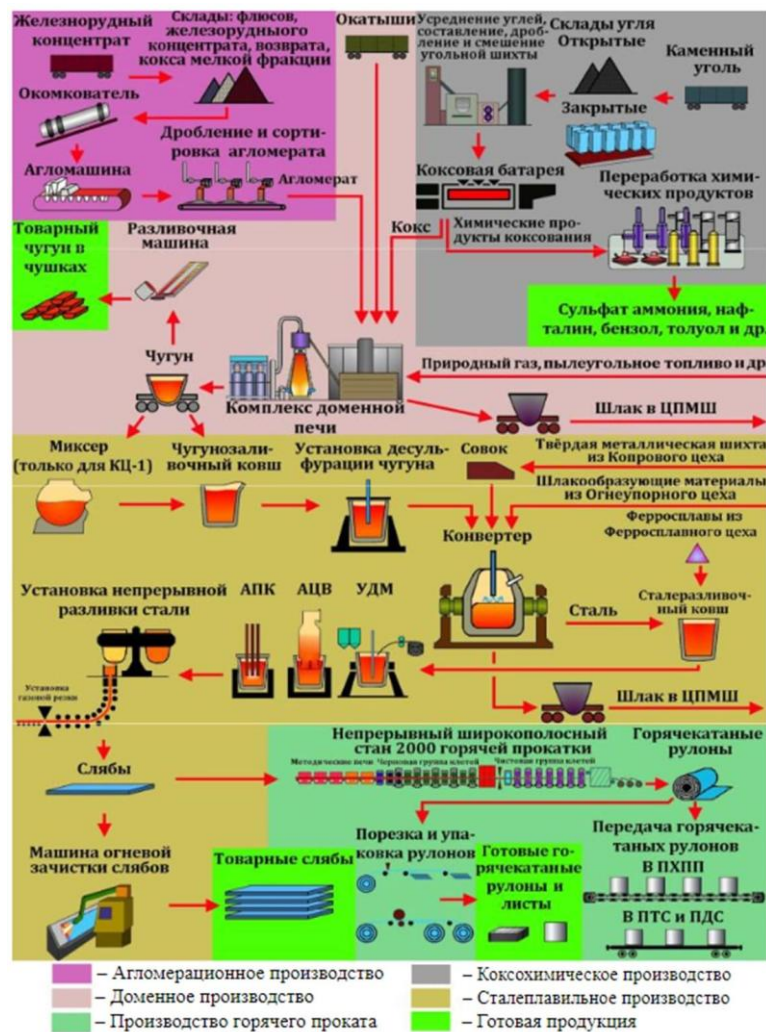


Рис. 1. - Иллюстрация общей технологической схемы комбината

Комплекс переделов включает в себя агломерационный процесс, работу коксохимического комплекса, доменное производство, производство стали, изготовление проката. Помимо основных производственных линий, значительную роль играют вспомогательные подразделения. К ним относятся объекты энергообеспечения, ремонтные мастерские, центры технического обслуживания, а также специализированные цеха, такие, как огнеупорный, ферросплавный, копровый и цех по обработке металлургических отходов. Эти подразделения обеспечивают бесперебойную работу основных производственных линий, поддерживая их эффективность и надежность.

Главная цель сталеплавильного цикла – это получение стали, материала, состоящего из железа, углерода (не более 2,14%) и других элементов. Сталь обладает повышенной пластичностью при высоких температурах, что позволяет ей подвергаться обработке путемковки и прокатки. Отличительной особенностью стали является её способность к обработке при высоких температурах в сравнении с чугуном, который содержит больше углерода.

На предприятии применяется конвертерный метод переработки жидкого чугуна в сталь, который не требует дополнительного топлива. Этот метод базируется на окислении примесей в чугуне при помощи кислорода. После удаления примесей, в сплав вводятся кислород и легирующие элементы для достижения необходимого химического состава стали.

Сталеплавильный процесс на Новолипецком металлургическом комбинате организован в несколько ключевых этапов:

1. Подготовительные операции с материалами.
 2. Загрузка, чугуна и материалов в конвертер для обработки.
 3. Процесс выплавки стали.
 4. Процедура выпуска стального расплава из агрегата (конвертера).
-

5. Последующие стадии внепечной обработки стального расплава.
6. Разливка стали на машинах непрерывного литья.
7. Обработка поверхности слябов.

Последовательность этапов обеспечивает комплексное превращение исходного чугуна и добавочных материалов в высококачественную сталь. Подготовка материалов включает их очистку и классификацию, чтобы гарантировать соответствие требуемым стандартам. Загрузка в конвертер требует точного соблюдения пропорций для оптимизации процесса выплавки. Выплавка стали - это ключевой этап, на котором происходит преобразование сырья в сталь с заданными характеристиками.

В процессе сталеплавления на Новолипецком металлургическом комбинате задействован широкий спектр материалов. Среди них - металлические шихты твердого типа, компоненты, способствующие формированию шлака, жидкий чугун, а также различные виды добавок, в том числе легирующие элементы и раскислители. Это сочетание материалов является ключевым для получения стали, обладающей predetermined свойствами и характеристиками.

Сталеплавильное производство на комбинате организовано в двух конвертерных цехах - № 1 и № 2. Цех № 1 оснащён тремя конвертерами, каждый из которых имеет ёмкость 160 т. Кроме того, в цеху установлены две высокопроизводительные установки, где происходит непрерывная разливка стали криволинейного типа и две установки вертикального типа. Цех № 2, в свою очередь, располагает тремя конвертерами с номинальной ёмкостью 300 т, четырьмя установками непрерывной разливки стали криволинейного типа и одной установкой радиального типа [3].

В работе [3] подробно описаны процессы внепечной обработки и непрерывной разливки стали.

В качестве объекта управления выбран «Кислородный конвертер

конвертерного цеха Новолипецкого металлургического комбината».

Технологическая схема кислородного конвертера Новолипецкого металлургического комбината приведена на рисунке 2:

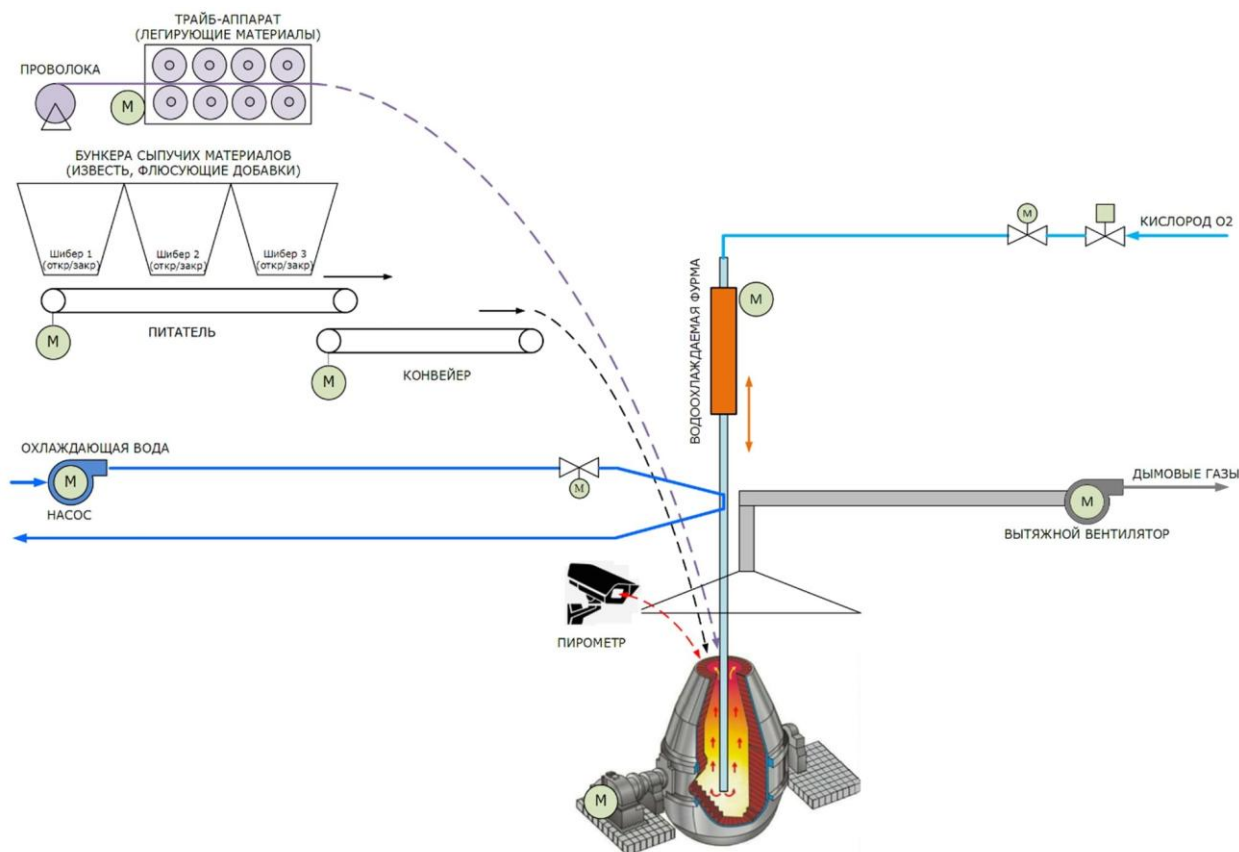


Рис.2. - Технологическая схема кислородного конвертера Новолипецкого металлургического комбината

Высокопроизводительный кислородно-конвертерный процесс представляет собой важный объект для автоматизации в металлургической отрасли. Улучшение управления этим процессом позволяет получать сталь с заданными температурными и химическими характеристиками при максимальной экономической эффективности. Однако, задача полной автоматизации этого процесса на основе совершенной модели является сложной и требует понимания закономерностей влияния множества факторов, включая физико-химические и газо-гидродинамические процессы, которые до сих пор не были полностью изучены.

Автоматизация конвертерного процесса плавки металла представляет

собой сложный и многогранный процесс, который требует одновременного выполнения ряда ключевых задач [4,5].

В работах [4,5] рассматриваются способы автоматизированного контроля и управления металлургических процессов, в том числе методология автоматизированного управления кислородно-конвертерным агрегатом производства стали.

Эти задачи, взаимосвязанные и критически важные, охватывают следующие аспекты:

1. Производство стали, соответствующей строгим параметрам, включая её химический состав, температуру и объем. Это требует точного контроля и регулирования в процессе плавки.

2. Синтез шлака, обладающего определенными свойствами, важными для эффективного удаления примесей, таких, как фосфор и сера. Шлак должен быть оптимизирован для достижения максимальной дефосфорации при минимальных потерях железа.

3. Увеличение эффективности работы агрегата, что подразумевает сокращение времени операций, минимизацию потерь металла в шлаке и выбросов газов [6,7].

В работах [6,7] представлены варианты интеллектуальных автоматизированных системы управления кислородным конвертером, включающей в себя подсистему распознавания количества и качества шлака в реальном времени на основе компьютерного зрения, для контроля и управления кислородно-конвертерным процессом.

4. Снижение расхода ресурсов в процессе плавки, что включает в себя экономное использование кислорода, материалов для формирования шлака, огнеупорных материалов, а также затраты на техническое обслуживание систем управления и контроля [8].

В работе [8] рассмотрены актуальные вопросы энергоэффективности на

металлургическом предприятии, предложено решение, которое позволит свести к минимуму перерасход ресурсов на этапе непрерывной разливки стали.

Основой успешного управления конвертерным процессом является применение надежных сенсоров и датчиков для мониторинга различных параметров. Эти параметры включают в себя массу загружаемого чугуна, температуру отходящих газов, расход кислорода и прочее. Критически важно также стандартизировать состав шихты и температуру чугуна, а также обеспечивать точность взвешивания всех используемых материалов.

Проведение предварительных расчетов необходимо для определения оптимального количества кислорода, требуемого для окисления примесей. Это позволяет точно управлять процессом на основе полученных данных, включая информацию о расходе кислорода. Эффективное управление процессом основывается на анализе этих данных, что позволяет оптимизировать процесс плавки, повышая качество конечной продукции и снижая производственные издержки.

В рамках современной системы управления технологическими процессами на Новолипецком металлургическом комбинате применяется комплекс высокотехнологичного оборудования. Эта система включает:

- Программируемый логический контроллер (ПЛК) модели S7-400, производства компании "Сиенс", задействован для управления процедурой продувки в кислородном конвертере. Для обеспечения связи между удаленными станциями ввода-вывода и преобразователями частоты используется интерфейс Profibus. К тому же, коммуникационная плата CP 6GK7 443-1EX11-0EX0 использующая интерфейс Industrial Ethernet выполняет функцию передачи данных на серверы визуализации.

- Удаленные станции ввода/вывода представлены станциями типа ET200M, оснащенными коммуникационными процессорами 6ES7-153-

1AA03-0XB0. В составе этих станций функционируют следующие модули ввода/вывода:

- Модуль для ввода дискретных сигналов 6ES7 321-1BL00-0AA0, оборудованный 32 входами на 24В.
- Модуль для вывода дискретных сигналов 6ES7 322-1BL00-0AE0, содержащий 32 выхода на 24В.
- Комбинированный модуль ввода/вывода дискретных сигналов 6ES7 323-1BL00-0AA0 с 16 входами и 16 выходами на 24В.
- Модуль для скоростного счета 6ES7 350-1AH03-0AE0 с одним каналом, способный работать на скоростях до 500 КГц.

Данный модуль получает информацию об угле поворота вала двигателя, поднимающего и опускающего фурму, от энкодера.

Сеть Profibus связывает данный модуль с двумя приводами постоянного тока SIMOREG DC MASTER, каждый из которых оборудован платой для связи по протоколу Profibus.

Поскольку запасные части для этого ПЛК невозможно приобрести в России, отказ любого из компонентов может привести к длительному аварийному простоем всей системы.

Фрагмент структурной схемы автоматизированной системы управления, ориентированной на технологические процессы продувочной фурмы кислородного конвертера, представлен на рисунке 3:

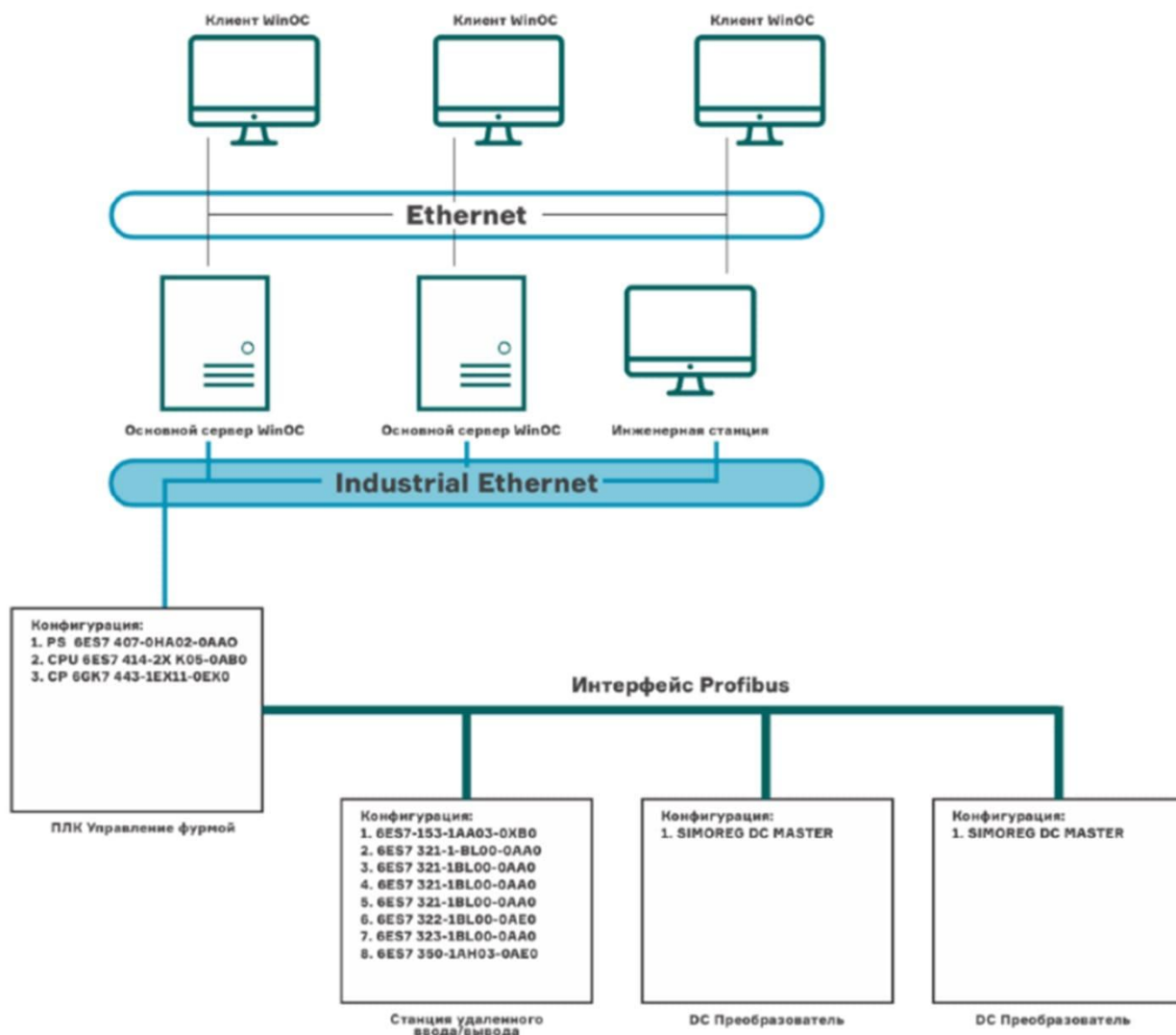


Рис.3. - Изображение фрагмента структурной схемы автоматизированной системы, направленной на управление технологическими процессами фурмы кислородного конвертера

Исследование акцентирует внимание на проблематике, связанной с ограничением поставок зарубежных программируемых логических контроллеров (ПЛК) в Российскую Федерацию, что затрагивает эффективность автоматизированных систем управления процессами на производственных предприятиях, в том числе на Новолипецком металлургическом комбинате. В данном контексте, автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП), традиционно использующие иностранные ПЛК, сталкиваются с серьезными

ограничениями:

– Это может привести к последствиям, таким как возможность возникновения аварийных ситуаций из-за отказа системы автоматического управления. В случае, если не будет найдено решение проблемы поставок или замена импортного программируемого логистического контроллера, конвертерное производство может остановиться.

– Необходимость разработки алгоритма выбора модели и производителя отечественного программируемого логистического контроллера из доступных на рынке. Нужен алгоритм, который позволит выбирать наиболее подходящую модель программируемого логистического контроллера с оптимальными характеристиками и стоимостью [9,10].

В работах [9,10] представлена методология разработки и модернизации автоматизированных систем управления технологическими процессами производств. Рассматриваются вопросы выбора контроллерной техники АСУТП для сложных производственных объектов, правила разработки схем аппаратно-программных комплексов, функциональных АСУТП.

Разработка АСУТП производства стали в кислородном конвертере НЛМК на базе отечественного контроллерного оборудования

В рамках настоящего исследования была разработана и представлена "Автоматизированная система управления технологическим процессом производства стали в кислородном конвертере НЛМК на базе отечественного контроллерного оборудования." Основываясь на данных анализа и исследований, представленных в данной статье, авторы делают вывод о значимости перехода на отечественные технологии в сфере автоматизации производственных процессов. Это не только способствует развитию внутреннего рынка высокотехнологичного оборудования, но и обеспечивает стабильность и надежность производственных систем в условиях

ограничений на международном уровне [9,10].

Произведена разработка структурной схемы АСУТП конвертера на рисунке 4:

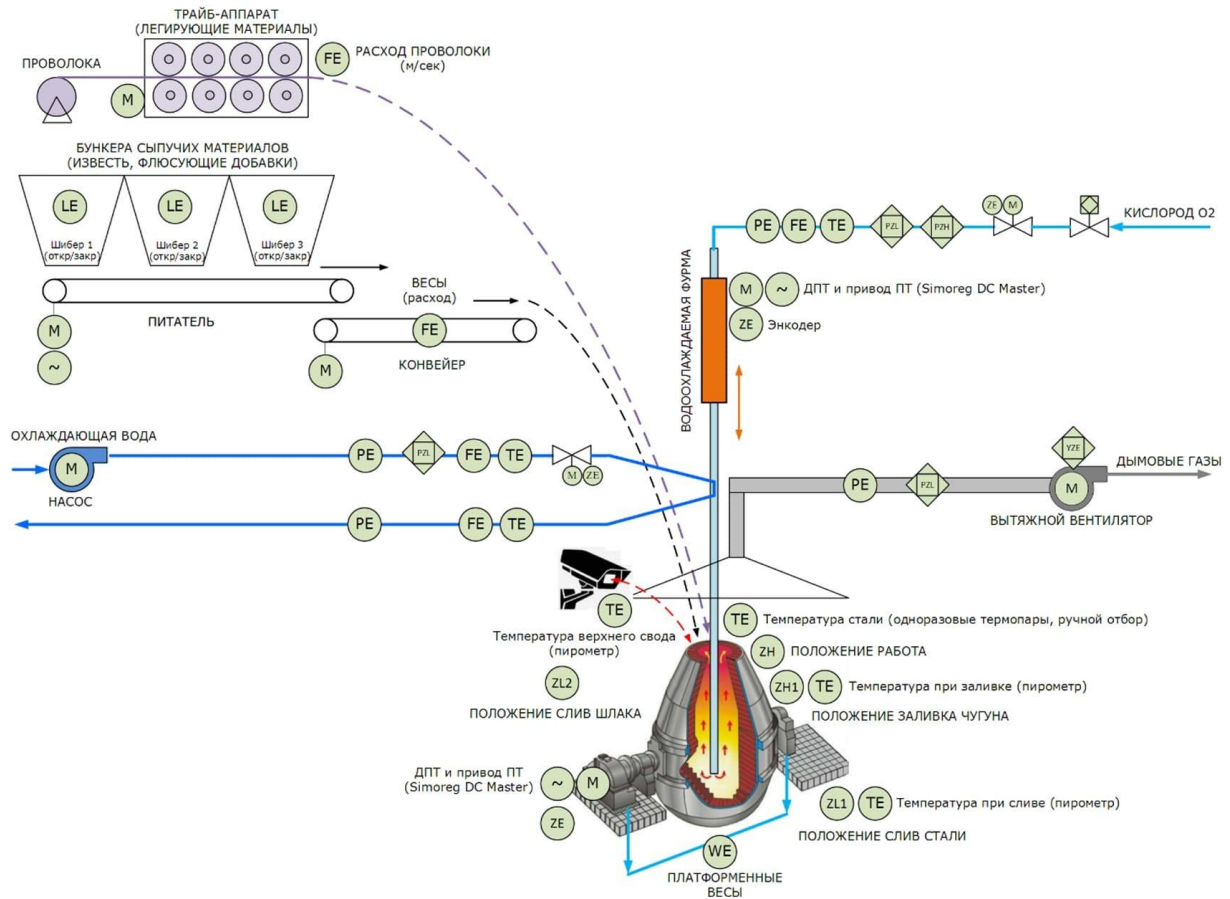


Рис.4. - Детализированная структурная схема автоматизированной системы для управления технологическими операциями кислородного конвертера: М – электродвигатель; ~ - регулируемый привод; PE - датчик давления; TE - датчик температуры; FE - датчик расхода; WE - датчик веса; ZE - датчик положения; ZH - датчик верхнего положения; ZL - датчик нижнего положения; LE - датчик уровня; РЗП- регулируемая задвижка с датчиком положения; PZL - реле минимального давления (ПАЗ); PZH - реле максимального давления (ПАЗ); YZE - реле работы оборудования

Был проведен анализ рынка отечественных производителей программируемых логистических контроллеров:

1. «Овен»;
2. СКВ «Промавтоматика»;
3. «МЗТА»;

4. «Компания ДЭП»;
5. «Нефтеавтоматика» ПЛК серий МКLogic;
6. «НПФ ДОЛОМАНТ»;
7. «ЭлеСи»;
8. «Электроприбор» (Чебоксары);
9. НПФ «КРУГ»;
10. ReaLLab!;
11. «ТРЭИ»;
12. ООО «Энергокруг»;
13. Segnetics;
14. БУК;
14. Regul от «Прософт-Системы»;
15. МОХА от «Ниеншанц-Автоматики».

В качестве основы для новой системы управления был выбран промышленный контроллер отечественного производства, модель REGUL R500, предоставленный компанией "ПРОСОФТ-СИСТЕМЫ" [11, 12].

На электронных ресурсах [11,12] представлены характеристики контроллерной техники REGUL компании «Прософт-Системы» (сделано в России).

Этот выбор был обусловлен необходимостью адаптации к новым реалиям рынка и поиска эффективных альтернатив зарубежным решениям в области автоматизированных систем управления. Применение контроллера REGUL R500 в рамках автоматизированной системы управления продувочной фурмой кислородного конвертера является значительным шагом в направлении развития и модернизации технологических процессов на предприятии. Этот контроллер обладает необходимыми функциональными возможностями и характеристиками, которые позволяют эффективно управлять сложными процессами в условиях высоких

производственных требований.

Ключевым элементом данной системы является контроллер REGUL R500, входящий в состав серии программируемых контроллеров REGUL RX00. Данный контроллер специально разработан для эффективного сбора, обработки данных от первичных датчиков, реализации управленческих функций согласно заложенным алгоритмам, а также для организации информационного обмена через последовательные каналы связи.

Использование контроллера Regul R500 предоставляет целый ряд преимуществ в контексте автоматизированных систем управления технологическими процессами, особенно в тех случаях, где требуется адаптивность и масштабируемость системы. Основные достоинства контроллера заключаются в следующем:

1. Он обладает модульной конструкцией, что обеспечивает его удобное стационарное размещение и легкость в обслуживании.
2. Предоставляется гибкость в плане расширения функциональности и масштабирования системы АСУТП, что открывает перспективы для будущего развития.
3. Процессор контроллера характеризуется достаточным быстродействием, что обеспечивает высокую производительность и оперативность обработки данных.
4. Отличается значительным объемом внутренней памяти, что позволяет хранить большие объемы информации и программ.
5. Имеется обширное количество входных и выходных портов для сигналов, что увеличивает возможности системы в плане подключения различного оборудования.
6. Предусмотрена возможность интеграции с децентрализованными станциями ввода-вывода, поддерживающими как волоконно-оптическую связь, так и связь по витой паре, с гибкостью в выборе топологии сети.

7. Включает в себя функции интеграции с модулями скоростного счета, необходимыми для работы с энкодерами.

8. Серия контроллеров Regul включает в себя специализированное оборудование для систем противоаварийной защиты (ПАЗ) с опциями резервирования.

9. Поддерживает широкий спектр протоколов обмена данными, включая IEC 61 870 5 101 и 104, Modbus RTU и TCP, OPC DA и UA, EtherCAT, а также предусмотрена возможность реализации дополнительных протоколов, включая PROFIBUS DP, в соответствии с индивидуальными требованиями заказчика.

10. Обладает многофункциональными интерфейсами, включая RS-232, RS-422/RS-485 и Ethernet 10/100/1000 RJ-45 (full duplex) с возможностью подключения до четырех портов на центральный процессор, а также Ethernet 10/100/1000 FO (Single-mode, Multi-mode) до двух портов.

11. Позволяет осуществлять обмен данными с практически любой SCADA-системой, включая интеграцию с WinCC через OPC-сервер, что расширяет возможности мониторинга и управления.

12. Особенностью является то, что оборудование производится отечественными компаниями, что обеспечивает более легкий доступ к технической поддержке и обслуживанию.

13. Предоставляет возможности для обеспечения системы резервированием, что повышает её надежность и предотвращает простои.

14. В сравнении с аналогичным оборудованием от компании SIEMENS, контроллер Regul R500 предлагает более доступную стоимость, что делает его более привлекательным с экономической точки зрения.

На рисунке 5 представлена разработанная детализированная схема комплекса технических устройств, которые используются в

автоматизированной системе управления процессами производства стали в кислородном конвертере на Новолипецком металлургическом комбинате:

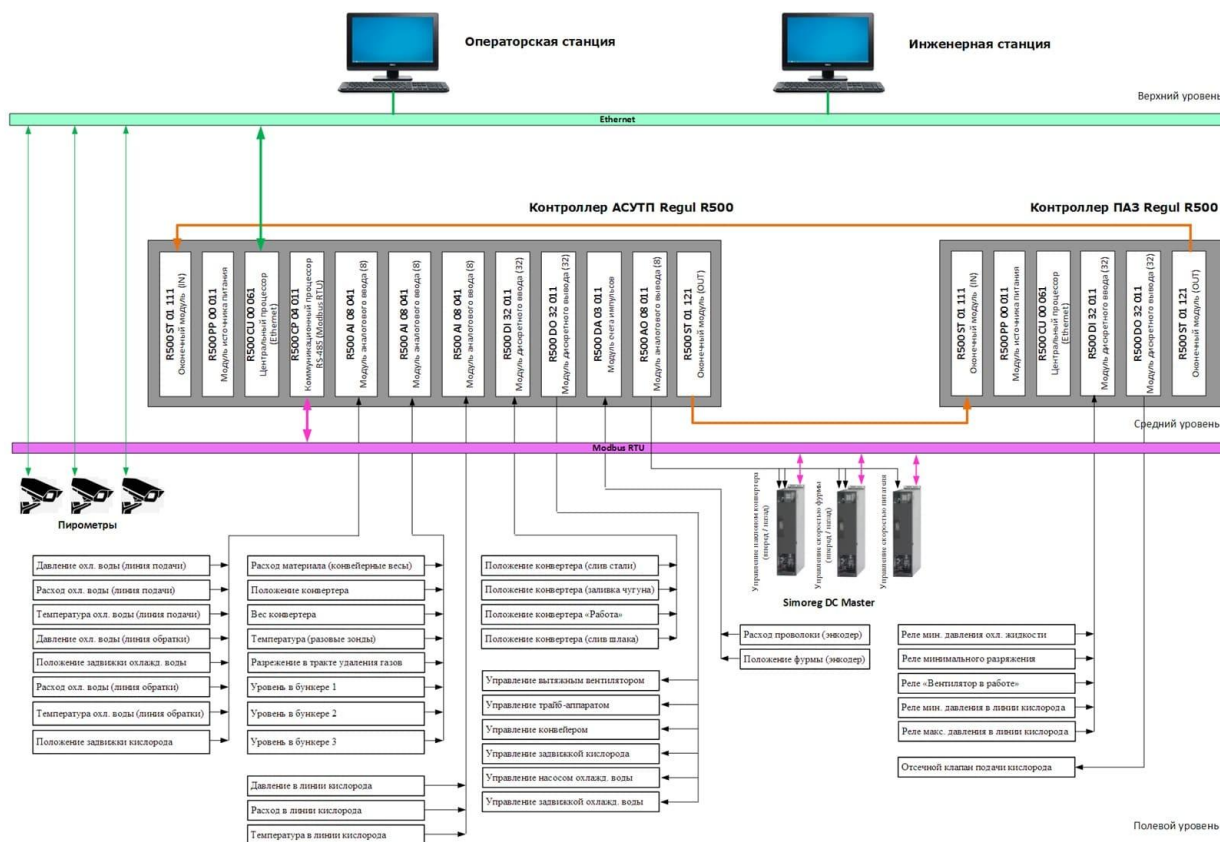


Рис.5. - Детализированная схема комплекса технических устройств автоматизированной системы управления процессом производства стали в кислородном конвертере

На рисунке 6 представлена функциональная схема автоматизированной системы управления процессом производства стали в кислородном конвертере НЛМК, демонстрирующая комплексный подход к управлению и регулированию важнейших производственных операций:

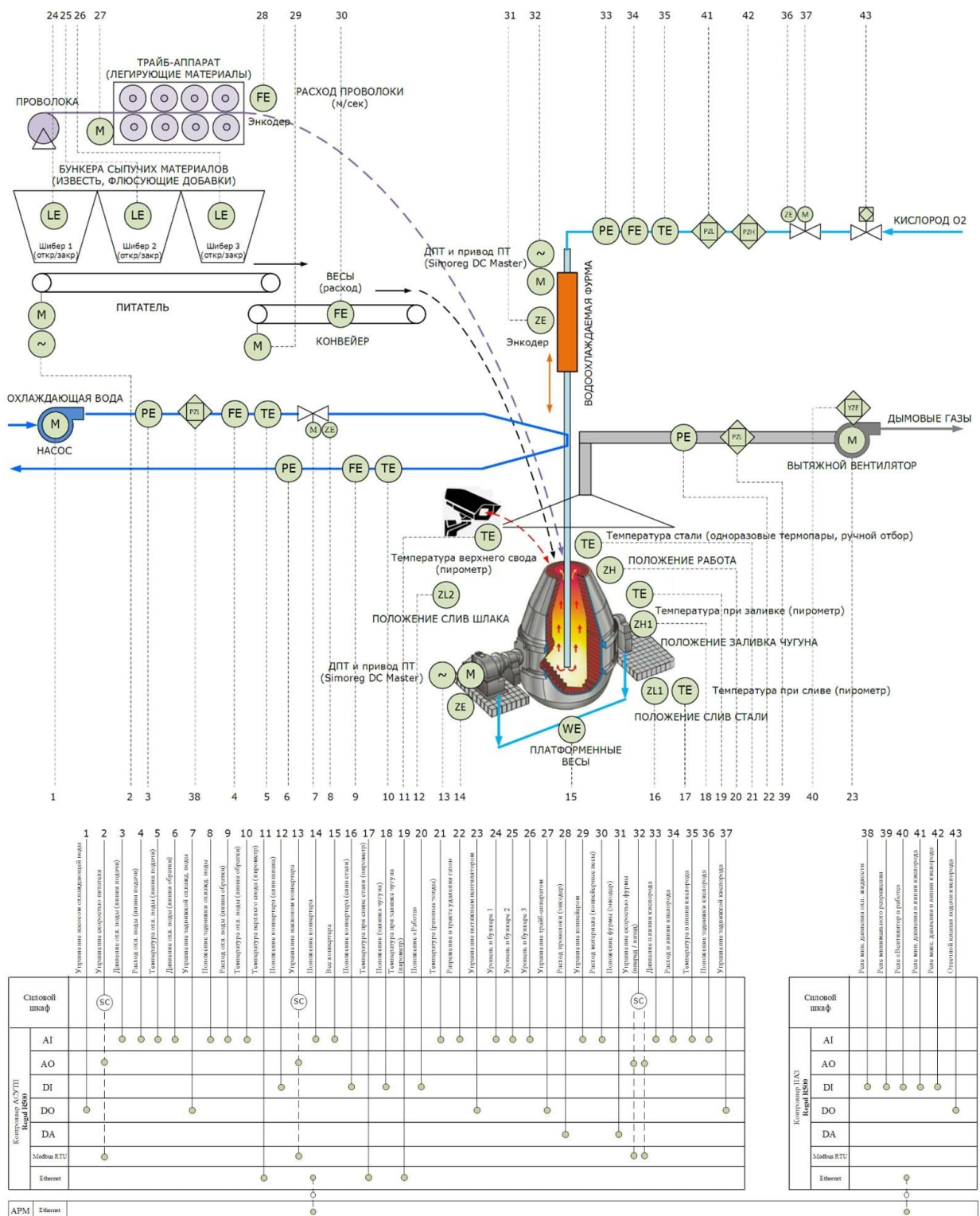


Рис.6. - Функциональная схема системы автоматизированного управления для процесса производства стали в кислородном конвертере НЛМК

Разработана и визуализирована интерактивная экранная форма для

системы управления, позволяющая наглядно отслеживать и управлять всеми аспектами технологического процесса производства стали (рисунок 7):

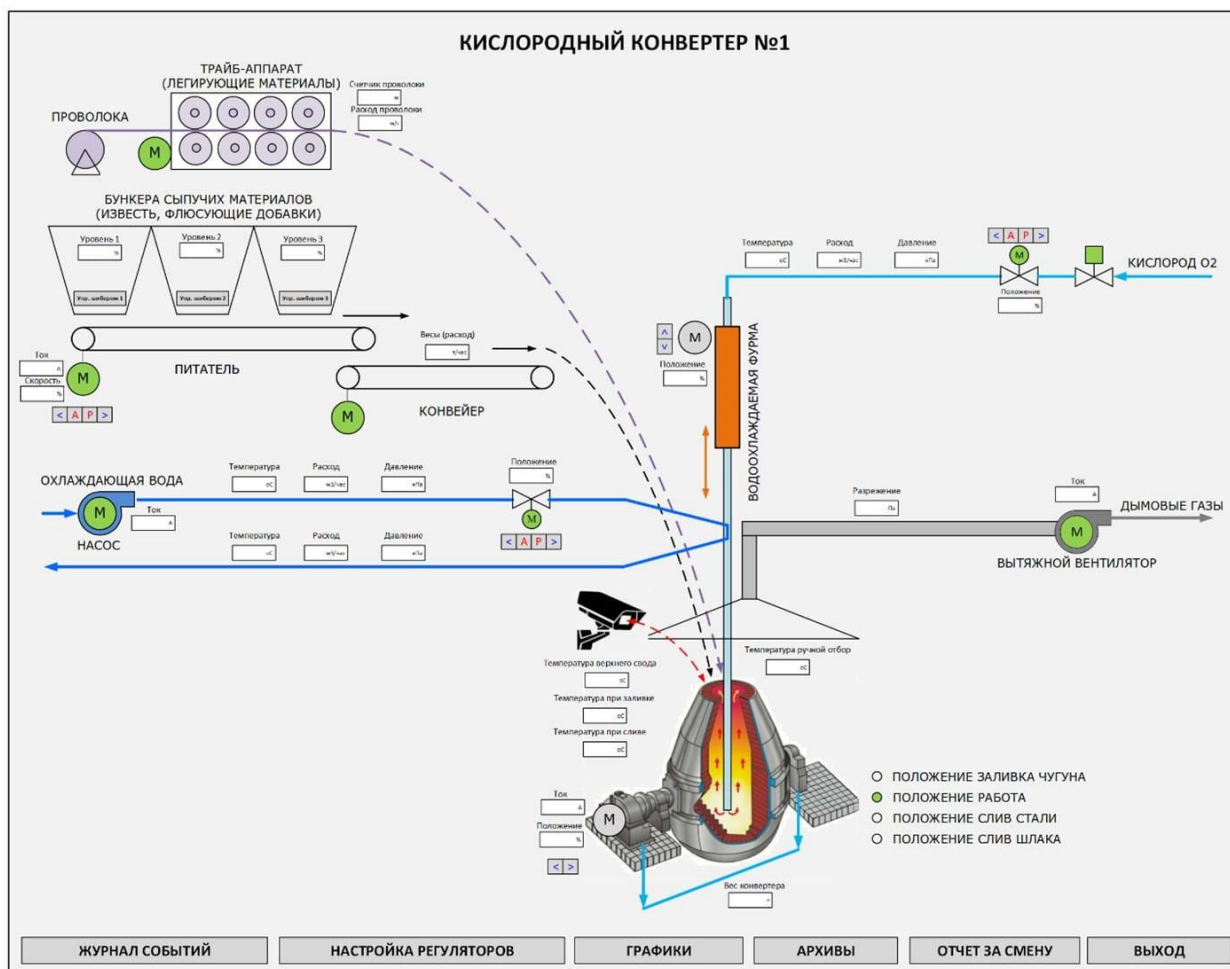


Рис.7. - Экранная форма автоматизированной системы управления технологическим процессом производства стали в кислородном конвертере

Заключение

Внедрение автоматизированной системы управления для технологического процесса производства стали в кислородном конвертере на Новолипецком металлургическом комбинате, основанная на использовании контроллерного оборудования российского производства, влечет за собой ряд значимых преимуществ:

1. Обеспечение безопасного перехода управления производственными процессами НЛМК с использованием импортных контроллеров (таких как

Siemens) на более доступные и современные, произведенные внутри страны, контроллеры. Это обеспечивает безопасный переход и адаптацию к новым технологиям.

2. Повышение эффективности управленческих и контрольных операций в рамках процесса производства стали, что обеспечивается высокой надежностью новых систем управления.

3. Интеграция уже имеющегося оборудования для мониторинга и управления процессами в кислородном конвертере с новыми отечественными контроллерами, что улучшает синергию между старой и новой техникой.

4. Обеспечение совместимости и эффективного обмена данными между новейшими отечественными контроллерами и уже существующими операторскими станциями и инженерными комплексами, оборудованными визуализационными проектами SCADA WinCC, при этом не требуется изменения в программном обеспечении.

5. Минимизация риска аварийных ситуаций и простоев на производстве, которые могли возникать вследствие отказа импортных контроллеров, особенно в случаях, когда замена данных устройств затруднена или невозможна.

6. Гарантия поставок запасных частей и модулей для новых контроллеров отечественного производства, что значительно повышает надежность и стабильность работы системы.

7. Обеспечение выполнения производственных норм и стандартов в процессе изготовления стали в кислородном конвертере НЛМК, что способствует повышению общей производительности.

Экономическая выгода от реализации предложенной системы управления ощутима в следующих аспектах:

1. Преодоление зависимости от импортного оборудования, в частности, от контроллеров компании Siemens, за счет перехода на отечественные

контроллеры. Это существенно уменьшает риски, связанные с импортом, и укрепляет экономическую безопасность предприятия.

2. Минимизация остановок производства в кислородном конвертере, обусловленных сбоями в работе импортных контроллеров, особенно в ситуациях, когда быстрая замена этих модулей ограничена или невозможна. Это предотвращение простоев прямо влияет на стабильность и непрерывность производственного процесса.

3. Повышение надежности поставок комплектующих и запасных частей для контроллерного оборудования отечественного производства, что способствует оперативному устранению неисправностей и обеспечивает бесперебойную работу систем.

4. Гарантирование достижения установленных показателей производительности в процессе изготовления стали на Новолипецком металлургическом комбинате (НЛМК), благодаря эффективности и надежности новой автоматизированной системы.

Таким образом, внедрение автоматизированной системы управления с использованием отечественных контроллеров в кислородном конвертерном производстве на НЛМК не только способствует повышению надежности и эффективности производственных процессов, но и значительно улучшает экономическую стабильность предприятия за счет снижения зависимости от импортного оборудования, уменьшения простоев и обеспечения доступности запасных частей.

Литература

1. Воскобойников В.Г., Кудрин В.А., Якушев А.М. Общая металлургия. М.: Академкнига, 2005. 768 с.
2. Кудрин В.А. Теория и технология производства стали. М.: Мир, 2003. 528 с.

3. Дюдкин Д.А., Кисиленко В.В. Производство стали. Процессы выплавки, внепечной обработки и непрерывной разливки. М.: Теплотехник, 2008. 528 с.
4. Глинков Г.М., Косырев А.И., Шевцов Е.К. Контроль и автоматизация металлургических процессов. М.: Металлургия, 1989. 352 с.
5. Глинков Г.М., Маковский В.А. АСУТП в черной металлургии. М.: Металлургия, 1999. 310 с.
6. Batista L., Salarolli P., Menezes R., Ayres L., Pereira R., Cuadros M., Furtado H. Slopping detection system for LD converters using sound signal digital and image processing // Proceedings of the 13th IEEE International Conference on Industry Applications, Sao Paulo. - 2019. - V. 1. - №. 1. - pp. 1137-1142.
7. Trofimov V. Designing an intelligent control system for a basic oxygen furnace based on computer vision // Journal of Computer and Systems Sciences International. - 2021. - V. 60. - №. 6. - pp. 995-1004.
8. Kabakov Z.K., Gabelaya D.I., Chuev A.A. Inzhenerny`j vestnik Dona, 2023, №7. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2023/8533.
9. Федоров Ю.Н. Справочник инженера по АСУТП: проектирование и разработка. Москва, Вологда.: Инфра-Инженерия, 2022. 928 с.
10. Целищев Е.С. Автоматизация проектирования технического обеспечения АСУТП. Москва, Вологда: Инфра-Инженерия, 2019. 196 с.
11. Компания ПРОСОФТ: официальный сайт. – Москва, 2024. - URL: prosoft.ru/products. (дата обращения 05.02.2024).
12. Промышленные контроллеры REGUL: официальный сайт. – Москва, 2024. - URL: regul-plc.ru. (дата обращения 05.02.2024).

References

1. Voskoboynikov V.G., Kudrin V.A., Yakushev A.M. Obshhaya metallurgiya [General metallurgy]. М.: Akademkniga, 2005. 768 p.
-

2. Kudrin V.A. Teoriya i texnologiya proizvodstva stali [Theory and technology of steel production]. M.: Mir, 2003. 528 p.
 3. Dyudkin D.A., Kisilenko V.V. Proizvodstvo stali. Processy` vy`plavki, vnepechnoj obrabotki i neprery`vnoj razlivki [Steel production. Smelting, out-of-furnace processing and continuous casting processes]. M.: Teplotexnik, 2008. 528 p.
 4. Glinkov G.M., Kosy`rev A.I., Shevczov E.K. Kontrol` i avtomatizaciya metallurgicheskix processov [Control and automation of metallurgical processes]. M.: Metallurgiya, 1989. 352 p.
 5. Glinkov G.M., Makovskij V.A. ASUTP v chernoj metallurgii [Automated control systems in the ferrous metallurgy]. M.: Metallurgiya, 1999. 310 p.
 6. Batista L., Salarolli P., Menezes R., Ayres L., Pereira R., Cuadros M., Furtado H. Slogging detection system for LD converters using sound signal digital and image processing. Proceedings of the 13th IEEE International Conference on Industry Applications, Sao Paulo. 2019. V. 1. no. 1. pp. 1137-1142.
 7. Trofimov V. Journal of Computer and Systems Sciences International. 2021. V. 60. no. 6. pp. 995-1004.
 8. Kabakov Z.K., Gabelaya D.I., Chuev A.A. Inzhenerny`j vestnik Dona, 2023, №7. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2023/8533.
 9. Fedorov Yu.N. Spravochnik inzhenera po ASUTP: proektirovanie i razrabotka [Automated Control System Engineer's Handbook: design and development]. Moskva, Vologda.: Infra-Inzheneriya, 2022. 928 p.
 10. Celishhev E.S. Avtomatizaciya proektirovaniya texnicheskogo obespecheniya ASUTP [Automation of the design of the technical support of the automated control system]. Moskva, Vologda: Infra-Inzheneriya, 2019. 196 p.
 11. Kompaniya PROSOFT: oficial`ny`j sajt [PROSOFT Company: official website]. Moskva, 2024. URL: prosoft.ru/products. (date assessed 05.02.2024).
-



12. Промышленные контроллеры REGUL: официальный сайт [Industrial controllers REGUL: official website]. Москва, 2024. URL: regul-plc.ru. (date assessed 05.02.2024).

Дата поступления: 4.01.2024

Дата публикации: 15.02.2024