

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

«Сибирский государственный индустриальный университет»

ВК «Кузбасская ярмарка»

**НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ
РАЗРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ**

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

№ 10 - 2024

Главный редактор
д.т.н., проф. Фрянов В.Н.

Редакционная коллегия:
чл.-корр. РАН, д.т.н., проф. Клишин В.И., д.т.н., проф. Никитенко С.М.,
д.т.н. Павлова Л.Д. (технический редактор), д.т.н., проф. Домрачев А.Н.,
д.э.н., проф. Петрова Т.В.

Н 340 Научно-технические технологии разработки и использования минеральных ресурсов : науч. журнал / Сиб. гос. индустр. ун-т; под общей ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк, 2024. - № 9. – 350 с.

Рассмотрены аспекты развития инновационных наукоёмких технологий диверсификации угольного производства и обобщены результаты научных исследований, в том числе создание роботизированных и автоматизированных угледобывающих и углеперерабатывающих предприятий, базирующиеся на использовании прорывных технологий добычи угля и метана, комплексной переработке этих продуктов в угледобывающих регионах и реализации энергетической продукции потребителям в виде тепловой и электрической энергии.

Журнал предназначен для научных и научно-технических работников, специалистов угольной промышленности, преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

Номер подготовлен на основе материалов Международной научно-практической конференции «Научно-технические технологии разработки и использования минеральных ресурсов», проводимой в рамках специализированной выставки технологий горных разработок «Уголь России и Майнинг» (Новокузнецк, 4-7 июня 2024 г.).

Основан в 2015 г.
Выходит 1 раз в год

Учредитель - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»

УДК 622.2
ББК 33.1

3 – Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнёва, г. Красноярск, Россия.....	137
4 – Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий, г. Новосибирск, Россия	137
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ГОРНОТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОМ УГОЛЬНОМ КАРЬЕРЕ В СОСТАВЕ УГЛЕДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ АВСТРАЛИИ	143
¹ д.т.н. Зеньков И.В., ² к.т.н. Черепанов Е.В., ³ Мулюшкина А.А., ⁴ к.т.н. Нефедов Б.Н.	143
1 – ООО «Сибирский научно-исследовательский институт горного и маркшейдерского дела», г. Красноярск, Россия.....	143
2 – Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия	143
3 – Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнёва, г. Красноярск, Россия.....	143
4 – Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий, г. Новосибирск, Россия	143
К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ЭКСКАВАТОРНО-АВТОМОБИЛЬНОГО КОМПЛЕКСА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕХЛОПАТ	146
к. т. н. Чаплыгин В. В., к. т. н. Садыков А. А., Матвеев А. В.	146
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк, Россия	146
РОБОТИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	155
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ЧИСЛЕННЫЙ МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД.....	157
д.т.н. Фрянов В.Н., д.т.н. Павлова Л.Д.	157
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия.....	157
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ КОМПЛЕКСАМИ УГЛЕОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК	164
^{1,2} к.т.н. Грачев В.В., ³ д.т.н. Ивушкин А.А., ¹ д.т.н. Мышляев Л.П., ^{1,2} к.т.н. Макаров Г.В.	164
1 – ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», г. Новокузнецк, Россия	164
2 – Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк, Россия.....	164
3 – ООО «Объединенная компания «Сибшахтострой», г. Новокузнецк, Россия.....	164
ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ КОМПЛЕКСАМИ УГОЛЬНОЙ ОТРАСЛИ	170
¹ д.т.н. Мышляев Л.П., ² д.т.н. Ивушкин А.А., ^{1,3} к.т.н. Грачев В.В., ^{1,3} к.т.н. Макаров Г.В., ⁴ Коршунов С.Ю.	170
1 – ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», г. Новокузнецк, Россия	170
2 – ООО «Объединенная компания «Сибшахтострой», г. Новокузнецк, Россия.....	170
3 – Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк, Россия.....	170
4 – ООО «РТ-Инжиниринг», г. Москва, Россия	170
СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ РУБЦОВСКОЙ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКОЙ	174
¹ д.т.н. Ивушкин А.А., ^{2,3} к.т.н. Макаров Г.В., ^{2,3} к.т.н. Грачев В.В., ³ д.т.н. Мышляев Л.П., ^{2,3} Свинцов М.М., ^{2,3} Загидулин И.Р., ^{2,3} Курышев Е.В.....	174
1 – ООО «Объединенная компания «Сибшахтострой», г. Новокузнецк, Россия.....	174
2 – Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия.....	174
3 – ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», г. Новокузнецк, Россия	174
ПРИМЕНЕНИЕ АНАЛИТИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ MASTERSCADА 4D ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОИЗВОДСТВА ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ ПОЛИМЕТАЛЛОВ	179
^{1,2} Курышев Е.В., ^{1,2} к.т.н. Грачев В.В., ^{1,2} Кулюшин Г.А., ^{1,2} к.т.н. Макаров Г.В., ² д.т.н. Мышляев Л.П., ^{1,2} Халимов В.А.....	179
1 - Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк, Россия	179
2 - ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», г. Новокузнецк, Россия.....	179
К ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ СУШИЛЬНО-ТОПОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ	183
Коровин Д.Е.	183
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия.....	183

– создание в Кузбассе объединенного диссертационного совета по специальностям:
2.3.7. Компьютерное моделирование и автоматизация проектирования, 2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами;

– разработка областных действенных нормативных положений, направленных на стимулирование создания интеллектуальной продукции (патенты на изобретения, полезные модели) и ее коммерциализации наряду с материальной продукцией;

– усиление подготовки специалистов для проектных организаций;

– создание при НОЦ Кузбасса лаборатории (центра) по разработке отечественного алгоритмического, программного и технического обеспечения современных систем автоматизации управления типовыми объектами горного и металлургического производства мирового уровня.

Вывод. Наличие комплексного коллектива с отлаженным организационным механизмом и полученные результаты работы этого коллектива дают основания для реализации систем автоматизации управления технологическими комплексами угольной отрасли любой сложности.

Список литературы

1. Сазыкин Г.П., Синеокий Б.А., Мышляев Л.П. Проектирование и строительство углеобогачительных фабрик нового поколения. – Новокузнецк: СибГИУ, 2003. – 127 с.

2. Методы классической и современной теории автоматического управления: учебник в 3-х томах Т.1: Анализ и статистическая динамика систем автоматического управления / Под ред. Н.Д. Егупова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 748 с.

3. Рыков А.С. Методы системного анализа: оптимизация. – М.: НПО «Издательство «Экономика», 1999. – 255 с.

4. Емельянов С.В. Коровин С.К. Новые типы обратной связи: Управление при неопределенности. – М.: Наука. Физматлит, 1997. – 352 с.

5. Системы автоматизации на основе натурно-модельного подхода: монография в 3-х т. Т.2: Системы автоматизации производственного назначения / Л.П. Мышляев, А.А. Ивушкин, Г.П. Сазыкин [и др.]; под ред. Л.П. Мышляева. – Новосибирск: Наука, 2006. – 483 с.

6. Планирование создания и испытание автоматизированных промышленных комплексов (на примере углеобогачительных фабрик): учеб. пособие / А.А. Ивушкин, В.В. Грачев, Л.П. Мышляев [и др.]. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2012. – 105 с.

УДК 681.5

СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ РУБЦОВСКОЙ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКОЙ

¹д.т.н. Ивушкин А.А., ^{2,3}к.т.н. Макаров Г.В., ^{2,3}к.т.н. Грачев В.В.,

³д.т.н. Мышляев Л.П., ^{2,3} Свинцов М.М., ^{2,3}Загидулин И.Р., ^{2,3}Курышев Е.В.

1 – ООО «Объединенная компания «Сибшахтострой», г. Новокузнецк, Россия

2 – Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, Россия

3 – ООО «Научно-исследовательский центр систем управления»,
г. Новокузнецк, Россия

Аннотация. В статье представлены обобщенная функциональная и укрупненная техническая структуры системы автоматизации управления Рубцовской обогатительной фабрикой. Приведено описание информационного, программного и технического обеспечения системы.

Ключевые слова: автоматизация, регуляторы, обогатительная фабрика, функциональная структура, структура технических средств.

Рубцовская обогатительная фабрика была запущена в 2006 году Уральской горно-металлургической компанией для переработки руды Степного и Корбалихинского месторождений. Комплекс обеспечивает полный цикл производства от добычи руды до получения кондиционных концентратов, в 2020 году был запущен масштабный проект по модернизации предприятия, направленный на увеличение производственных мощностей до переработки полутора миллионов тонн руды ежегодно.

Следствием реконструкции технологического процесса является необходимость решения множества задач. Помимо автоматизации новых технологических контуров возникает необходимость в модернизации поточно-транспортных систем для согласованного распределения и использования ресурсов между существующими и новыми контурами.

На рис. 1 представлен фрагмент технологической схемы цепей и аппаратов. Поступление руды в технологический процесс происходит в здании приёмного бункера, откуда по конвейеру сырьё поступает к расположенному в новом главном корпусе блоку мельниц, где происходит измельчение материала до требуемой фракции.

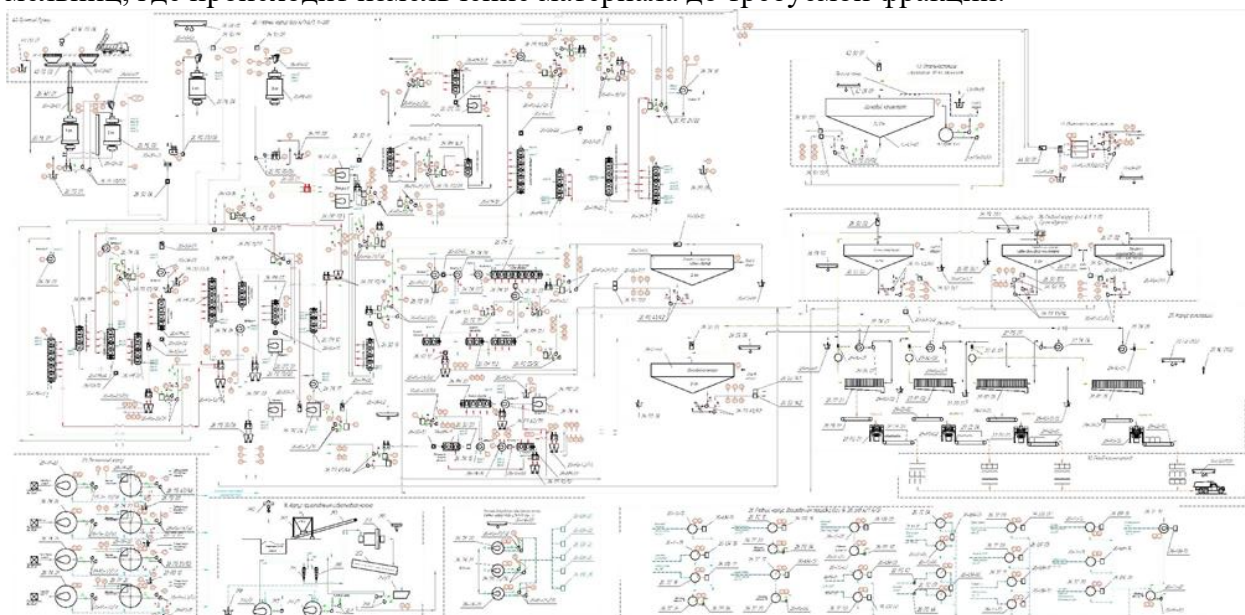


Рис. 1. Фрагмент технологической схемы цепей и аппаратов ОФ «Рубцовская»

Подготовленное сырьё подвергается обработке с использованием различных агрегатов в зависимости от характеристик исходного сырья и требуемых свойств конечного продукта – основное технологическое оборудование нового главного корпуса представлено флотационными машинами, батареями гидроциклонов и контактными чанами.

Сгущение медного и свинцового концентратов с применением радиальных сгустителей, а также отбор проб с помощью вакуумных и напорных пробоотборников производится в помещении существующего главного корпуса.

Помимо описанных помещений ряд технологических операций выполняется в других корпусах – как уже существующих (реагентный корпус, склад концентратов), так и новых (помещение радиального сгустителя для цинкового концентрата, площадка дозирования реагентов).

Основная цель создания системы автоматизации управления – повышение эффективности управления технологическим комплексом и, вследствие этого, улучшение технико-экономических показателей его функционирования.

Для достижения поставленной цели система должна соответствовать ряду требований [1].

В первую очередь, должна быть реализована автоматизация информационных и управляющих функций при решении следующих задач:

- оперативного формирования и анализа информации об изменениях режимов функционирования и состоянии технологических процессов, агрегатов и оборудования;
- оперативной реализации управляющих решений и регулирования технологических параметров;
- контроля, учета и анализа нарушений технологической и производственной дисциплины, эффективности управления.

Помимо этого, важную роль играет повышение надежности системы управления, оперативности и качества контроля и управления за счет:

- применения современных технических средств, методов и алгоритмов автоматического контроля, анализа, диагностики состояния и управления технологическими процессами и оборудованием;
- комплексного и детального отображения информации о состоянии оборудования и агрегатов, об изменениях технологических параметров, о действиях оперативного персонала в системе;
- использования в качестве технической базы на нижнем уровне системы современных микропроцессорных контроллеров, обладающих высокой надежностью, большими сроками наработки на отказ, простотой замены вышедших из строя элементов, расширения технической структуры, модификации математического и программного обеспечения;
- минимизации количества малонадежных электромеханических устройств в локальных системах логического контроля и управления отдельными механизмами и агрегатами.

На рис. 2 представлена схема функциональной структуры обогатительной фабрики. Особенностью объекта является необходимость в бесшовной интеграция существующих и реализуемых систем автоматизации управления, максимально возможное использование уже существующих технических средств, а также унификация программно-аппаратных средств существующих и реализуемых систем автоматизации управления фабрики.

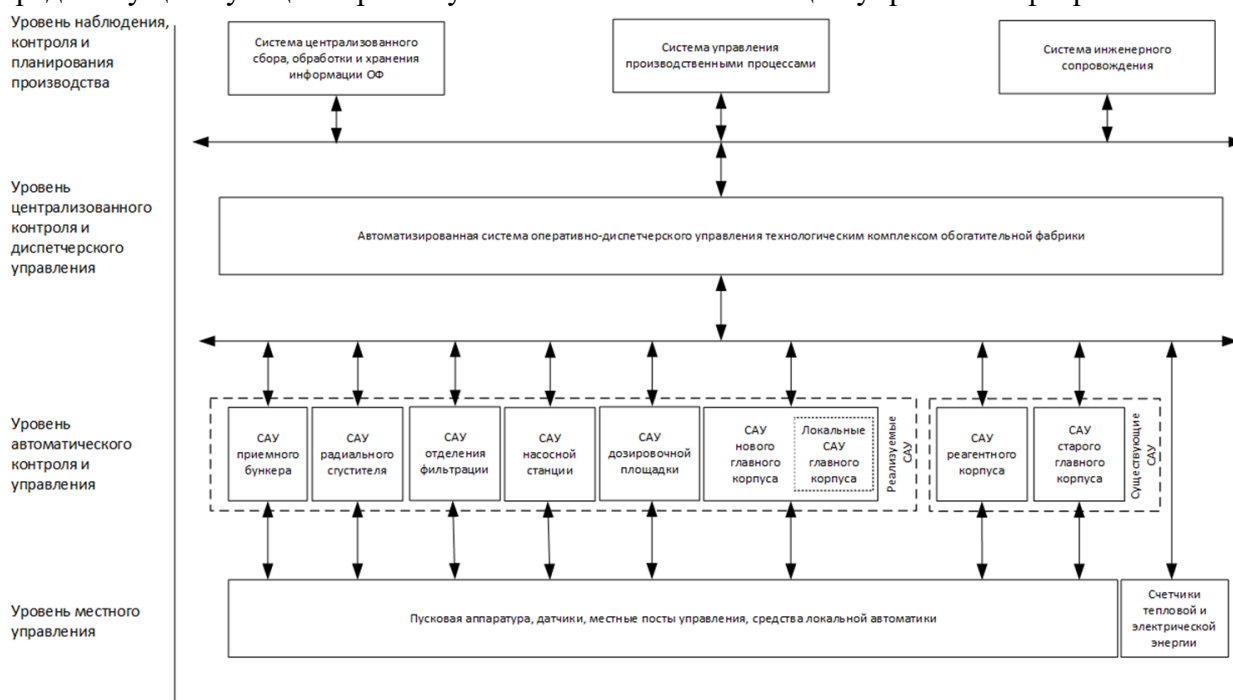


Рис. 2. Функциональная структура системы автоматизации управления ОФ «Рубцовская»

Техническое обеспечение нижнего уровня системы автоматизации управления обогатительной фабрикой реализовано на базе программируемых логических контроллеров Siemens. На рис. 3 представлена структура комплекса технических средств главного корпуса обогатительной фабрики.

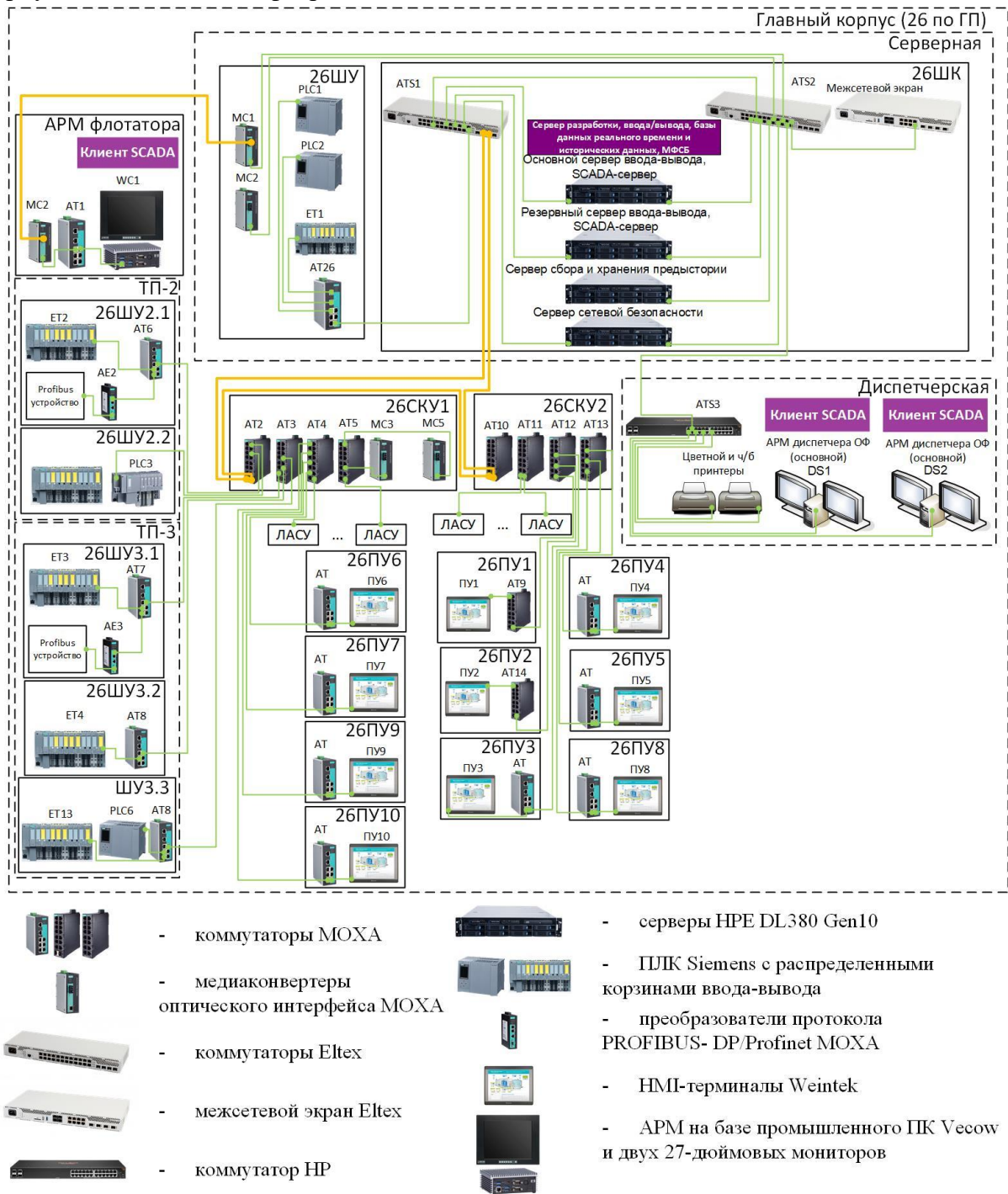


Рис. 3. Структура технических средств системы автоматизации управления главным корпусом ОФ «Рубцовская»

Системы нижнего уровня строятся с использованием контроллеров, связанных между собой с помощью сети PROFINET, с переходом на оптоволоконный кабель для подключения контроллеров, расположенных в других распределительных пунктах.

Функциональные возможности и технические характеристики этих контроллеров в полной мере соответствуют задачам их применения в проектируемой системе.

Для подключения внешних устройств и автономных систем по протоколу PROFINET используются соответствующие коммуникационные модули Siemens, для информационного обмена с устройствами, не поддерживающими данный стандарт, используются модули преобразования PROFIBUS в PROFINET.

Обмен информацией между контроллерами, с устройствами, подключенными по PROFINET к соответствующим коммуникационным модулям контроллера Siemens, с АРМ оператора, АРМ инженера, с сервером и операторскими НМІ-терминалами также осуществляется по информационной сети PROFINET.

Система централизованного сбора, обработки и хранения информации представлена основным и резервным серверами, на которых расположены следующие программные модули: сервер ввода-вывода, сервер объектов, сервер предыстории. Система реализована на базе серверов с жесткими дисками, объединенными в RAID-массив для исключения потери информации в случае выхода из строя одного из накопителей.

Система инженерного сопровождения предназначена для инструментальной поддержки эксплуатации существующего и проектирования дополнительного информационного и программного обеспечения контроллеров, серверов, АРМов оператора, НМІ-терминалов операторов в процессе поиска рационального технологического регламента, наладки, последующего развития и модернизации проектируемой системы. Система представлена стационарным АРМ инженера, реализованным на базе персонального компьютера с 32" LCD-монитором, а также мобильным АРМ инженера на базе ноутбука в защищённом промышленном исполнении.

Автоматизированная система оперативно-диспетчерского управления технологическим комплексом обогатительной фабрики представлена АРМ базе персонального компьютера с 32" LCD-монитором и НМІ-терминалами. Поставщиком производственных данных реального времени для АРМ оператора является сервер проектируемой системы, для НМІ-терминалов операторов – программируемые логические контроллеры.

В качестве базового программного обеспечения проектируемой системы используется пакет MasterSCADA [2] и программное обеспечение TIA Portal [3].

Базовое программное обеспечение верхнего уровня включает в себя средства ввода-вывода данных, средства архивации и хранения предыстории, программное обеспечение для анализа данных и подготовки отчетности, а также средства визуализации данных.

На АРМ инженера устанавливается пакет TIA Portal – для конфигурирования и программирования контроллеров Siemens систем нижнего уровня и для конфигурирования и разработки прикладного программного обеспечения НМІ-терминалов операторов.

Интерфейс разработки АРМ инженера интуитивно понятен и полностью поддерживает языки программирования стандарта МЭК 61131–3. Все, что создается на экране АРМ инженера при помощи соответствующего программного обеспечения, будет выглядеть точно так же и на экране удаленной станции. Пример компоновки станции оперативно-диспетчерского управления представлен на рис. 4.

В системе управления обогатительной фабрикой реализуются три режима управления технологическим комплексом:

- автоматический режим управления: это основной режим работы комплекса, в котором все информационные и управляющие функции выполняются автоматически;
- дистанционный режим управления: в этом режиме информационные функции автоматически реализуются системой, но управление каждым агрегатом осуществляется диспетчером;
- местный режим управления: все информационные функции автоматически выполняются, но управление каждым отдельным агрегатом осуществляется с местных постов управления.

Выбор режима управления производится с помощью пульта управления диспетчера обогатительной фабрики.



Рис. 4. Пример компоновки станции оперативно-диспетчерского управления Рубцовской обогатительной фабрикой

Вывод. Разработка и внедрение системы автоматизации управления Рубцовской обогатительной фабрикой осуществляется в очень сжатые сроки, что достигается благодаря параллельному выполнению ряда проектных работ, использованию типовых проектных решений и сред автоматизированного проектирования.

Список литературы

1. Системы автоматизации на основе натурно-модельного подхода: монография в 3-х т. Т.2: Системы автоматизации производственного назначения / Л.П. Мышляев, А.А. Ивушкин, Г.П. Сазыкин [и др.]; под ред. Л.П. Мышляева. – Новосибирск: Наука, 2006. – 483 с.
2. Официальный сайт SCADA-системы MasterSCADA 4D. – URL: <https://masterscada.ru/>.
3. Totally Integrated Automation Portal. – URL: <https://www.siemens-pro.ru/soft/tia-portal.html>.

УДК 681.518

ПРИМЕНЕНИЕ АНАЛИТИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ MASTERSCADА 4D ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОИЗВОДСТВА ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ ПОЛИМЕТАЛЛОВ

^{1,2}Курышев Е.В., ^{1,2}к.т.н. Грачев В.В., ^{1,2}Кулюшин Г.А., ^{1,2}к.т.н. Макаров Г.В.,
²д.т.н. Мышляев Л.П., ^{1,2}Халимов В.А.

**1 - Сибирский государственный индустриальный университет»,
г. Новокузнецк, Россия**

**2 - ООО «Научно-исследовательский центр систем управления»,
г. Новокузнецк, Россия**

Аннотация. В статье рассматривается роль аналитических инструментов (графические тренды, журнал событий) SCADA-системы MasterSCADA 4D для управления качеством производства ОФ «Рубцовская» (г. Рубцовск, Алтайский край). Приведен обзор функциональных возможностей и примеры их использования для мониторинга и анализа производственных процессов.

Научное издание

НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Под общей редакцией профессора В.Н. Фрянова

Компьютерная верстка Л.Д. Павловой

Подписано в печать 21.05.2024 г.

Формат бумаги 60x84 1/16. Бумага писчая. Печать офсетная.

Усл.печ.л. 20,80 Уч.-изд. л. 22,09 Тираж 1000 экз. Заказ 97

Сибирский государственный индустриальный университет

654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42.

Издательский центр СибГИУ