

Министерство науки и высшего образования и Российской Федерации
Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина
Институт новых материалов и технологий
Кафедра «Теплофизика и информатика в металлургии»

Теплотехника и информатика в образовании, науке и производстве

**Сборник докладов XI Всероссийской научно-практической конференции
студентов, аспирантов и молодых учёных
«Теплотехника и информатика
в образовании, науке и производстве» (ТИМ'2023)
с международным участием**

Екатеринбург, 18–19 мая 2023 г.



г. Екатеринбург
УрФУ
2023

УДК 669.04:004(06)

ББК 34.31

Т34

Рецензенты: д-р техн. наук, проф. А. Н. Дмитриев (гл. науч. сотр., Институт металлургии Уральского отделения РАН);

д-р техн. наук, проф. Л. А. Зайнуллин (ген. директор ОАО «Научно-исследовательский институт металлургической теплотехники», ОАО «ВНИИМТ»)

Теплотехника и информатика в образовании, науке и производстве: сборник докладов XI Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных (ТИМ'2023) с международным участием (Екатеринбург, 18–19 мая 2023 г.). – Екатеринбург: УрФУ, 2023. – 286 с.

ISBN 978-5-6044322-7-3

В сборник включены доклады, представленные на XI Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных (ТИМ'2023) с международным участием. Доклады отражают результаты научно-исследовательских работ студентов, аспирантов и молодых ученых вузов, предприятий и организаций России и зарубежья по проблемам теории и практики в области металлургической теплотехники, систем автоматизации и информатизации широкого назначения. Тематика докладов включает следующие составляющие: теплотехника и экология металлургического производства; информационные системы и технологии в образовании, науке и производстве; автоматизация технологических процессов и производств.

УДК 669.04:004(06)

ББК 34.31

Редакционная коллегия сборника докладов: Спирин Н.А. (председатель),
Гурин И.А. (учёный секретарь)

Гольцев В.А.

Гурин И.А.

Киселев Е.В.

Куделин С.П.

Лавров В.В.

Лошкарев Н.Б.

Матюхин В.И.

Ответственность за содержание предоставленных материалов несут авторы докладов. Воспроизведение сборника или его части без ссылки на издателя запрещается.

ISBN 978-5-6044322-7-3

© Уральский федеральный университет, 2023

© Авторы статей, 2023

© ООО АМК «День РА», 2023

3. Бадд Т. Объектно-ориентированное программирование в действии. СПб.: Питер, 1997. – 460 с.

4. Гамма Э., Хелм Р. Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования: пер. с англ. – СПб.: Питер, 2007. – 366 с.

5. Конвейерная сушилка, принцип работы и область применения [Электронный ресурс]: <https://studfile.net/preview/16481103/page:6/>. – Дата обращения 07.05.2023.

УДК 681.518

Г. А. Кулюшин^{1,2}, В. В. Грачев^{1,2}, Д. С. Аниканов³, Д. Е. Коровин^{1,2}, Е. В. Курышев^{1,2}

¹ ООО «Научно-исследовательский центр систем управления»,

г. Новокузнецк, Россия;

² ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»,

г. Новокузнецк, Россия;

³ ООО «Объединенная компания «Сибшахтострой», г. Новокузнецк, Россия

СОЗДАНИЕ ИНФОКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ АСУ ТП ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ ПОЛИМЕТАЛЛОВ «РУБЦОВСКАЯ»

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы разработки инфокоммуникационной сети автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) обогатительной фабрики (ОФ) полиметаллов «Рубцовская» (п. Потеряевка, Алтайский край). Приведена укрупненная физическая топология инфокоммуникационной сети ОФ «Рубцовская», детально представлена структура технических средств АСУ ТП нового главного корпуса. Техническая реализация инфокоммуникационной сети АСУ ТП ОФ «Рубцовская» выполнена на базе зарубежных и отечественных программно-аппаратных средств. Особое внимание уделено созданию кольцевой структуры инфокоммуникационной сети фабрики, резервированию сетевых узлов системы на базе технологии RSTP и реализации виртуальных сетей VLAN для разграничения коммуникаций между подсетями верхнего и нижнего уровней АСУ ТП. Использование современных сетевых технологий при проектировании и реализации инфокоммуникационной сети АСУ ТП ОФ «Рубцовская» позволило создать высоконадежную и безопасную сеть.

Ключевые слова: автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУ ТП), SCADA-система, инфокоммуникационная сеть, резервирование, обогатительная фабрика, промышленные сетевые протоколы, протокол STP, протокол RSTP, технология VLAN.

Abstract. The article deals with the development of the infocommunication network of the automated process control system (APCS) of the Rubtsovskaya polymetal processing plant (Poteryaevka, Altai Territory). The enlarged physical topology of the infocommunication network of the processing plant «Rubtsovskaya» is given, the structure of the technical means of the APCS of the new main building is presented in detail. The technical implementation of the infocommunication network of the automated process control system of the processing plant «Rubtsovskaya» was made on the basis of foreign and domestic software and hardware. Particular attention is paid to the creation of a ring structure of the infocommunication network of processing plant, redundancy of the network nodes of the system based on RSTP technology and the implementation of virtual

VLANs to distinguish communications between the subnets of the upper and lower levels of the APCS. The use of modern network technologies in the design and implementation of the infocommunication network of the APCS of the processing plant «Rubtsovskaya» made it possible to create a highly reliable and secure network.

Key words: *automated process control system (APCS), SCADA system, infocommunication network, redundancy, processing plant, industrial network protocols, STP protocol, RSTP protocol, VLAN technology.*

Введение. Создание современных автоматизированных промышленных комплексов начинается с проектирования и реализации инфокоммуникационной сети как основы для надежной и своевременной передачи производственных данных. Процесс проектирования инфокоммуникационной сети включает в себя множество этапов и требует высокой квалификации специалистов-проектировщиков. Чтобы разработать высокоэффективную, надежную и безопасную инфокоммуникационную сеть, необходимо хорошо знать общие принципы проектирования сетей, сетевые протоколы, топологии, уметь выбирать сетевое оборудование и программное обеспечение, определяя сетевые потребности предприятия не только на текущий момент, но и на перспективу 10–15 лет.

Физическая топология инфокоммуникационной сети АСУ ТП ОФ «Рубцовская». В рамках создания автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) обогатительной фабрики полиметаллов «Рубцовская» (п. Потеряевка, Алтайский край) решалась задача разработки и реализации инфокоммуникационной сети АСУ ТП.

В качестве физической топологии инфокоммуникационной сети обогатительной фабрики «Рубцовская» между существующими и вновь вводимыми корпусами выбрана смешанная топология – кольцо с ответвлениями (рисунок 1). В соответствии с техническим заданием Заказчика одним из требований к инфокоммуникационной сети является обязательное наличие кольцевых резервируемых линий связи между основными корпусами фабрики, реализуемых на базе оптоволоконного кабеля связи, как элемента повышения надежности и отказоустойчивости сети.

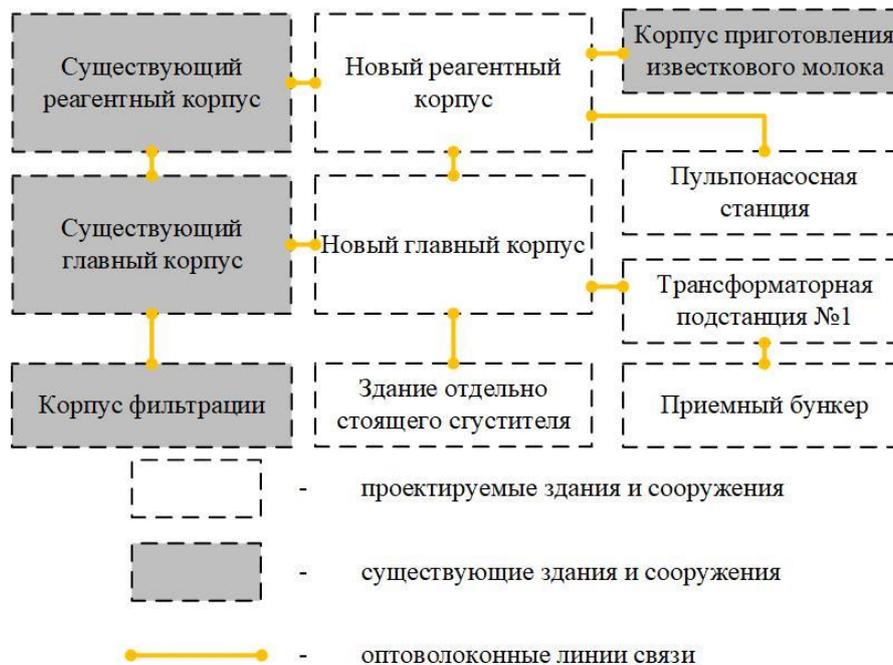


Рис. 1. Укрупненная физическая топология инфокоммуникационной сети ОФ «Рубцовская»

Центральным сетевым узлом, который содержит в себе большое количество сетевого оборудования АСУ ТП и локальных систем автоматизации, является новый главный корпус. На рисунке 2 представлен фрагмент структуры технических средств, отображающий сетевое оборудование в шкафах и пультах АСУ ТП нового главного корпуса. Для увеличения надежности сети была применена кольцевая топология между ключевыми инфокоммуникационными узлами – серверным шкафом 26ШК, сетевыми коммутационными шкафами 26СКУ1 и 26СКУ2. Они принимают на себе основной поток передаваемых данных с оборудования локальных систем автоматизации, а также распределенных корзин технологических контроллеров АСУ ТП.

Проектные решения по сегментации сети АСУ ТП ОФ «Рубцовская». В качестве прототипа инфокоммуникационной сети ОФ «Рубцовская» была взята инфокоммуникационная сеть ОФ «Шахта №12» (г. Киселевск Кемеровской области), реализованная в 2019-2021 годах [1, 2]. По сравнению с сетью ОФ «Шахта №12» на ОФ «Рубцовская» было принято решение изменить подход к разделению общей сети фабрики на контроллерную сеть (сеть контроллеров АСУ ТП жесткого реального времени) и сеть системы диспетчеризации (сеть SCADA-системы мягкого реального времени). Вместо подхода на основе полного физического дублирования коммутационного оборудования было реализовано решение с логическим разделением на отдельные подсети нижнего уровня (уровень контроллерного управления и локальных автоматизированных систем – Profinet, Modbus TCP сети) и подсети верхнего уровня (уровень оперативно-диспетчерского контроля SCADA и MES систем – сеть Ethernet). Данные с обеих подсетей собираются с помощью сетевых коммутаторов третьего уровня ATS1 и ATS2 в серверном шкафу 26ШК и передаются на сервера АСУ ТП. Серверы АСУ ТП оснащены двумя сетевыми картами с выходом в каждую под-

сеть и выступают в роли шлюзов. Такая программно-техническая реализация не позволяет взаимодействовать оборудованию из разных подсетей напрямую – взаимодействие возможно либо через шлюзы, либо через виртуальные локальные сети коммутатора.

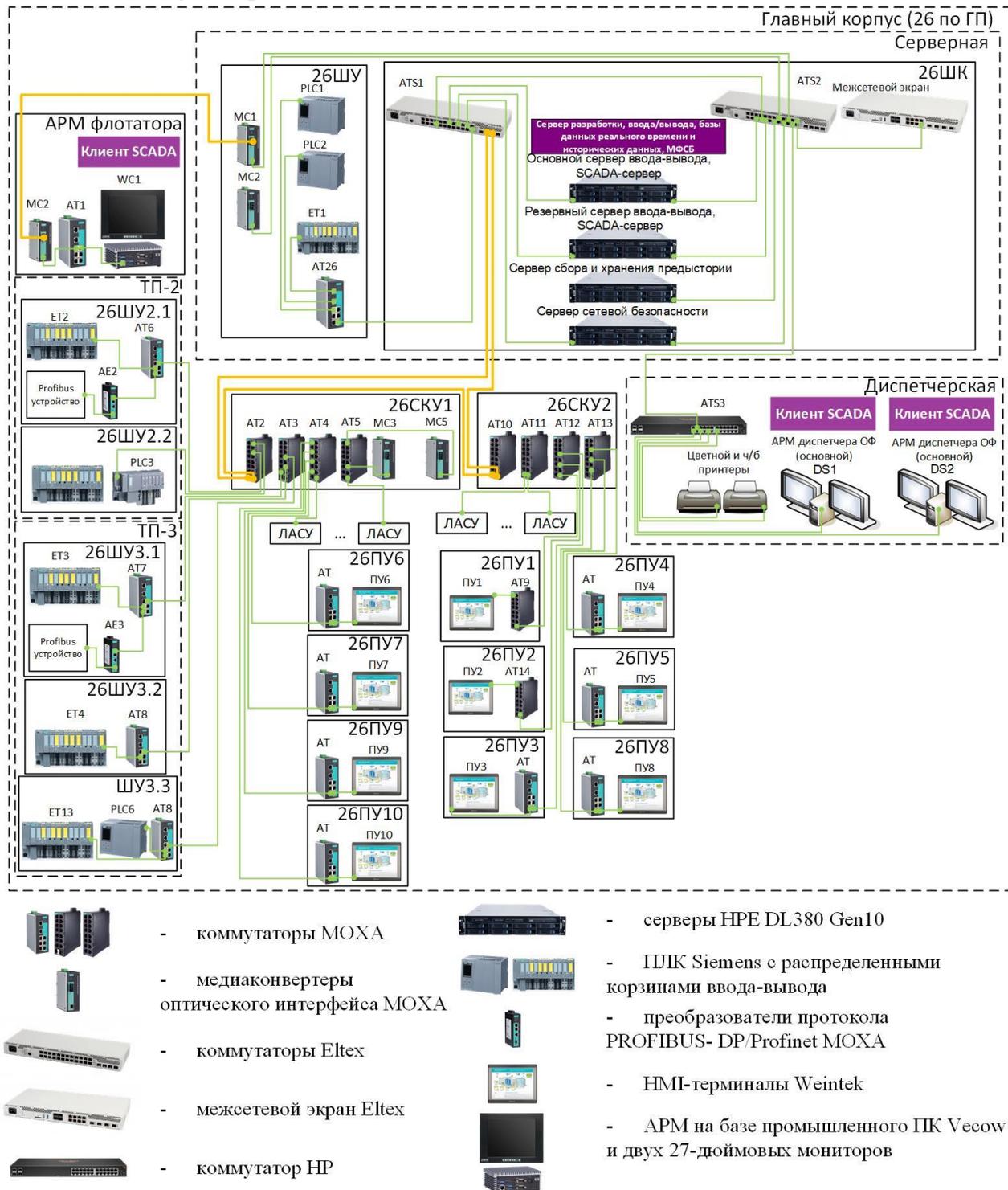


Рис. 2. Структура технических средств АСУ ТП нового главного корпуса ОФ «Рубцовская»

Резервирование инфокоммуникационной сети АСУ ТП ОФ «Рубцовская». Для обеспечения работы кольцевых структур инфокоммуникационной сети фабрики недостаточно было только правильно подключить сетевые коммутато-

ры друг с другом на физическом уровне. Без необходимой настройки на канальном уровне это привело бы к заикливанию передачи кадров в кольце (loop-эффект), образуя широковещательный шторм в сетевом пространстве устройств фабрики. Для предотвращения подобных явлений потребовалась настройка коммутаторов под работу с резервными каналами передачи данных.

Приведенные на структурной схеме технических средств коммутаторы компаний MOXA (Тайвань) и Eltex (Россия) работают на одинаковом протоколе резервирования. В данном случае это протокол RSTP (Rapid Spanning Tree Protocol). Он является модифицированной версией протокола STP (Spanning Tree Protocol) [3], имеющий следующие недостатки:

- однонаправленный опрос сетевого дерева только лишь корневым мостом в ходе мониторинга, а значит и увеличенное время отклика на возникновение петель в сети;
- конвергенция (схождение) дерева при перестройке сети занимает порядка 30-50 секунд;
- сетевой порт проходит несколько продолжительных стадий перехода от заблокированного состояния к состоянию пересылки пакетов через себя.

Используемый в инфокоммуникационной сети АСУ ТП ОФ «Рубцовская» протокол RSTP частично или полностью лишен этих недостатков. Принцип распределения ролей коммутаторов и портов на базе RSTP в инфокоммуникационной сети АСУ ТП ОФ «Рубцовская» представлен на рисунке 3.

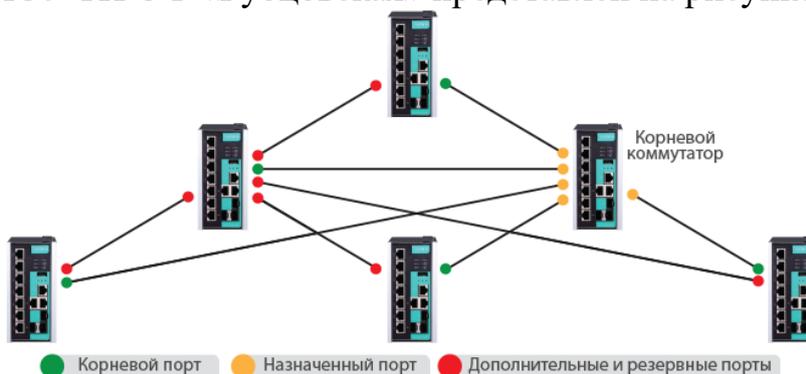


Рис. 3. Принцип распределения ролей коммутаторов и портов в RSTP в инфокоммуникационной сети АСУ ТП ОФ «Рубцовская»

В инфокоммуникационной сети АСУ ТП ОФ «Рубцовская» в соответствии с технологией RSTP определены:

- корневой порт (Root port) – порт, который ведет к корневому коммутатору; именно через этот порт будут передаваться данные в сети;
- назначенный порт (Designated port) – порт, который ведет от корневого коммутатора, через него также передаются данные;
- дополнительный порт (Alternate port) – резервный корневой порт коммутатора;
- резервный порт (Backup port) – резервный назначенный порт.

Дополнительный и резервный порты не участвуют в пересылке данных, пока не произойдет обрыв связи. Коммутаторы блокирует передачу данных по этим портам во избежание образования петель. В случае обрыва основного ка-

нала связи коммутатор начинает передавать данные по резервному пути (Alternate и Backup портам).

Виртуализация в инфокоммуникационной сети АСУ ТП ОФ «Рубцовская». Несмотря на то, что сетевые коммутаторы АТС1 и АТС2 в серверном шкафу 26ШК (рисунок 2) имеют непосредственное физическое соединения между двумя подсетями (нижнего и верхнего уровня) инфокоммуникационной сети АСУ ТП ОФ «Рубцовская», однако возможность передачи данных между технологическими контроллерами АСУ ТП, контроллерами локальных систем автоматизации и системой диспетчеризации напрямую отсутствует. Информационный обмен между устройствами разных подсетей реализован на основе технологий виртуальной локальной сети VLAN.

Технология VLAN (Virtual Local Area Network) позволяет произвести сегментацию инфокоммуникационной сети на подсети по функциональному признаку независимо от территориального расположения устройств. Сетевые устройства одной подсети VLAN могут быть подключены к разным коммутаторам, удаленным друг от друга. И наоборот, к одному коммутатору могут быть подключены устройства, относящиеся к разным подсетям VLAN [4]. Таким образом, обеспечивается гибкое и безопасное построение сети.

В рамках инфокоммуникационной сети АСУ ТП ОФ «Рубцовская» сетевой коммутатор АТС2 принимает на себя оптические подключения, объединяющие сетевые существующего главного корпуса, существующего реактентного корпуса, нового реактентного корпуса. Схематичное представление привязки портов коммутатора АТС2 показано на рисунке 5.

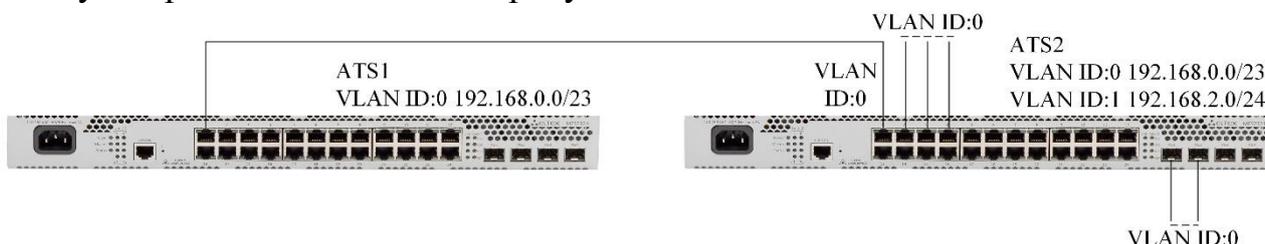


Рис. 5. Распределение портов на сетевом коммутаторе АТС2 по VLAN

Для сетевого коммутатора АТС1 существует единственная VLAN ID:0, которая является для всех портов сетью по умолчанию, с присвоенными сетевыми параметрами 192.168.0.0/23. Для сетевого коммутатора АТС2 определено уже две виртуальные подсети, одна из которых дублирует настройки и идентификатор сети коммутатора АТС1, а вторая является базовой подсетью верхнего уровня с заданными настройками сети 192.168.2.0/24. Для медных портов 1-4 и оптических портов XG1 и XG2 определена конфигурация сети VLAN ID:0, и с другими портами этого же коммутатора они никак не будут взаимодействовать.

Выводы. Использование современных сетевых технологий при проектировании и реализации инфокоммуникационной сети АСУ ТП ОФ «Рубцовская» позволило создать надежную, безопасную и высокоэффективную сеть. Применение технологий кольцевого резервирования и виртуализации существенным образом повышает эффективность и надежность эксплуатации инфокоммуникационной сети при относительно небольшом количестве сетевого

оборудования. Приведенные программно-технические решения инфокоммуникационной сети АСУ ТП ОФ «Рубцовская» в дальнейшем планируется использовать для создания инфокоммуникационных сетей подобных автоматизированных промышленных комплексов горнодобывающей отрасли.

Список использованных источников

1. Кулюшин Г.А. Создание резервируемой инфокоммуникационной сети АСУ ТП ОФ «Шахта №12» / Г.А. Кулюшин, Д.В. Иванов, Д.Е. Коровин, В.В. Грачев, С.Ю. Коршунов // Моделирование и наукоемкие информационные технологии в технических и социально-экономических системах: труды V Международной научно-практической конференции, Новокузнецк, 14 апреля 2021 года. – Новокузнецк: Сибирский государственный индустриальный университет, 2021. – С. 291-295.

2. Грачев В.В. Проектирование инфокоммуникационной сети углеобогачительной фабрики / В.В. Грачев, А.В. Циряпкина // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: тезисы докладов 77-й международной научно-технической конференции. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2019. – Т.1. – С. 371.

3. Протокол резервирования RSTP [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://moxa.ru/tehnologii/ethernet_network/rstp/ (дата обращения 21.04.2023).

4. Технология VLAN [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://moxa.ru/tehnologii/ethernet_network/tech-vlan/ (дата обращения 21.04.2023).

УДК 004.91

А. А. Куят, А. А. Кузьмич, И. А. Гурин

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б. Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

ПОДГОТОВКА ДОКУМЕНТОВ ДЛЯ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ КОНФЕРЕНЦИЯМИ

Аннотация. Представлена информация о подсистеме извлечения текста из форматированных документов в форматах Microsoft Word и PDF с целью подготовки датасета для машинного обучения и в дальнейшем классификации документов. Подсистема построена на базе платформы .NET и является частью системы управления конференциями. Представлены сравнительные характеристики различных библиотек и архитектура системы, которая может использовать созданные модели машинного обучения.

Ключевые слова: извлечение, текст, документ, датасет, машинное обучение, подготовка, разработка.

Abstract. Information about the subsystem for extracting text from formatted documents in Microsoft Word and PDF formats is presented. The purpose of the subsystem is to prepare a da-

СОДЕРЖАНИЕ

Кафедра «Теплофизика и информатика в металлургии»	3
Секция 1. Актуальные проблемы теплотехники и экологии металлургического производства	7
Оптимизация процесса отжига капиллярных труб в электрических печах с защитной атмосферой	7
Совершенствование режимов нагрева металла с использованием методов исследования импульсного нагрева	12
Особенности полупромышленной термообработки лабораторных окатышей на действующей обжиговой машине	15
Физическое моделирование термообработки в пересыпающемся слое с использованием пилотного агрегата «Вращающаяся трубчатая печь»	21
Влияние пористости на температурное поле насыпной садки.....	25
Способы переработки бытовых и промышленных отходов.....	28
Технологические возможности использования слоевого способа сжигания газообразного топлива	39
Моделирование гидродинамики поточного циклонного газификатора биомассы	43
Моделирование гидродинамики разреженного газодисперсного потока.....	54
Определение теплотехнических свойств углеродсодержащих и шихтовых материалов печи обжига углеграфитовой продукции.....	59
Совершенствование условий тепловой обработки пакетов листовой стали в колпаковых печах.....	65
Моделирование процесса охлаждения футеровки рабочего пространства при загрузке заготовки.....	68
Численное исследование влияния подмоделей сопротивления на гидродинамику газификатора биомассы с фонтанирующим слоем.....	72
Исследование процесса теплопередачи при соударении системы струй о поверхность сляба	77
Сурьма в продуктах химико-металлургической переработки медно-цинковых концентратов.....	81
Анализ причин небалансов тепловой энергии в системах парораспределения металлургического предприятия	85
Перспективы совершенствования тепловой работы вращающейся печи для обжига дисперсных материалов	89
Модернизация тепловой схемы обжиговой машины конвейерного типа LURGI-552	91
Техническое перевооружение кольцевой печи Загорского трубного завода .	97

Техническое перевооружение печи выпрямляющего отжига анизотропной трансформаторной стали агрегата электроизоляционных покрытий №8 цеха холодной прокатки ООО ВИЗ-Сталь г. Екатеринбург».....	101
Расчет кинетических констант реакции газификации коксового остатка с учетом внутридиффузионного торможения	104
Численное моделирование теплопереноса при измерении температуропроводности расплава соли LiF–NaF–KF методом лазерной вспышки	109
Секция 2. Системы автоматизации и информатизации в образовании, науке и производстве	118
Автоматизация очистки металлургического газа после сульфидной плавки медных концентратов от ртути.....	118
Применение модели-подсказчика для повышения эффективности отделения подготовки сырья и шихты	126
Автоматизация информационной системы замещения и совмещения в документообороте (прописными).....	135
Изучение возможностей применения нейросетевых моделей для прогнозирования качества чугуна	146
Функциональная модель автоматизированной системы оценки стабильности функционирования доменной печи.....	155
Выбор метода получения мелкодисперсных металлических порошков заданных размеров и проектирование установки для его реализации	162
Разработка программного модуля для обнаружения трещин на кирпичной кладке.....	167
Разработка программного обеспечения расчета теплового баланса конвейерной сушильной печи.....	173
Создание инфокоммуникационной сети АСУ ТП обогатительной фабрики полиметаллов «Рубцовская»	176
Программное решение для экспертной оценки состояния промышленных зданий и сооружений: идентификация объектов на изображении * 1	190
Разработка веб-приложения для системы контроля доступа	194
Пусконаладка систем управления с применением полунатурного моделирования.....	200
Применение научных визуализаций для анализа вариативности и динамики системы *	206
Применение сервисной архитектуры для информационной системы расчета теплового баланса сушильного агрегата	211
Автоматизация водоотлива шахтных вод месторождения «Скалистое» АО «Урупский ГОК».....	Ошибка! Закладка не определена.

Разработка кроссплатформенного веб-приложения расчета оптимального распределения топливно-энергетических ресурсов в группе доменных печей	216
Применение метода имитационного моделирования для построения оперативно-календарного плана производства меди АО «Уралэлектромедь»	223
Разработка системы анализа и визуализации производственных данных....	227
Система интеллектуального анализа температуры холодильников системы охлаждения доменной печи.....	237
Автоматизированный разливающий комплекс черновой меди отделения конвертирования металлургического цеха АО «Святогор» на производительность 370 тонн в сутки	245
Автоматизация подачи реагентов во флотацию обогатительной фабрики АО «Урупский ГОК»	249
Разработка веб-сервиса для расчета проектных показателей теплового режима при изменении режимных и конструктивных параметров доменной печи	254
Разработка информационной системы расчёта формоизменения калибровки валков швеллера	259
Интеллектуальная транспортная система Новокузнецкой городской агломерации	265
Разработка веб-сервиса для визуализации показателей работы доменного процесса.....	274
Список авторов.....	281

Научное издание

**ТЕПЛОТЕХНИКА И ИНФОРМАТИКА
В ОБРАЗОВАНИИ, НАУКЕ И ПРОИЗВОДСТВЕ**

*Сборник докладов XI Всероссийской научно-практической
конференции студентов, аспирантов и молодых учёных (ТИМ'2023)
с международным участием*

Техническое редактирование и компьютерная верстка
В. В. Лаврова, И.А. Гурина

Доклады представлены в авторской редакции

Подписано в печать 02 ноября 2022 г. Формат 70x100 1/16.

Бумага писчая. Плоская печать. Усл. печ. л. 23,87.

Уч.-изд. л. 25,12. Тираж 300 экз. Заказ 10103.

ООО Агентство Маркетинговых Коммуникаций «День РА»
620146, г. Екатеринбург, проезд Решетникова, дом 22а, оф. 201, тел.: (343) 344-64-26
www.skladgifts.ru