

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»
ООО «Объединённая компания Сибшахтострой»
АНО «Научно-образовательный центр «Кузбасс»
ООО «Научно-исследовательский центр систем управления»
Кузбасский научный центр СО АИН им. А.М. Прохорова**

**СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ
(в образовании, науке и производстве)
AS' 2021**

**ТРУДЫ XIII ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ
*(с международным участием)***

2 – 3 декабря 2021 г.

**Новокузнецк
2021**

УДК 658.011.56
С 409

Редакционная коллегия

д.т.н., профессор Н.А. Козырев, д.т.н., профессор С.М. Кулаков,
д.т.н., профессор Л.П. Мышляев, к.т.н. О.В. Михайлова, к.т.н.,
доцент В.А. Кубарев

С 409 Системы автоматизации (в образовании, науке и производстве) :
AS'2021 : труды XIII Всероссийской научно-практической
конференции (с международным участием) 2–3 декабря 2021 г. /
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации,
Сибирский государственный индустриальный университет [и др.] ; под
общей ред.: С. М. Кулакова, Л. П. Мышляева. – Новокузнецк :
Издательский центр СибГИУ, 2021. – 417 с. : ил.

ISBN 978-5-7806-0583-6

Труды конференции посвящены научным и практическим вопро-сам автоматизации управления технологическими процессами и пред-приятиями, социально-экономическими системами, образованием и ис-следованиями. Представлены результаты исследования, разработки и внедрения методического, математического, программного, техниче-ского и организационного обеспечения систем автоматизации и инфор-мационно-управляющих систем в различных сферах деятельности.

Сборник трудов ориентирован на широкий круг исследователей, научных работников, инженерно-технический персонал предприятий и научно-исследовательских лабораторий, преподавателей вузов, аспиран-тов и студентов.

УДК 658.011.56

ОРГАНИЗАТОРЫ И ПАРТНЕРЫ КОНФЕРЕНЦИИ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»
ООО «Объединённая компания «Сибшахтострой» (г. Новокузнецк) ООО
«Научно-исследовательский центр систем управления» (г. Новокузнецк)
ООО «ЕвразТехника» (г. Новокузнецк)
АНО «Научно-образовательный центр «Кузбасс» (г. Кемерово) Журналы:
«Известия вузов. Чёрная металлургия» (г. Москва, Новокузнецк),
«Вестник СибГИУ» (г. Новокузнецк)

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2021

Библиографический список

1. Грачев А.Ю., Новиков А.В., Гоффарт Т.В., Урусов Л.В. Многофункциональные системы безопасности и позиционирование персонала в шахтах // Горная промышленность. 2016. №2 (126). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mnogofunktsionalnye-sistemy-bezopasnosti-i-pozitsionirovanie-personala-v-shahtah> (дата обращения: 05.11.2021).
2. Грачев А.Ю., Новиков А.В., Паневников К.В., Терехов Д.Б. МФСБ в угольной шахте - позиционирование и оповещение персонала // Вестник Научного центра. 2016. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mfsb-v-ugolnoy-shahte-pozitsionirovanie-i-opoveschenie-personala> (дата обращения: 05.11.2021).
3. Жуков М.О., Иванов А.Е., Мацко А.В., Меркулов И.В., Нарымский Б.В. Система наблюдения и оповещения персонала угольных шахт. Состояние и перспективы развития // ЖВТ. 2013. №. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-nablyudeniya-i-opovescheniya-personala-ugolnyh-shaht-sostoyanie-i-perspektivy-razvitiya> (дата обращения: 05.11.2021).
4. Коровин Д.Е., Ляховец М.В., Иванов Д.В. Разработка системы сбора оперативной информации для системы визуализации конвейерного транспорта // Системы автоматизации в образовании, науке и производстве: Труды XII Всероссийской науч.-практич. конф. / Под редакцией С.М. Кулакова, Л.П. Мышляева – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2019. – С.85-88.
5. Койнов Р.С., Ляховец М.В., Добрынин А.С. Особенности учета простоев технологических линий поточно-транспортных систем // Системы автоматизации в образовании, науке и производстве: Труды XI Всероссийской науч.-практич. конф. / Под редакцией С.М. Кулакова, Л.П. Мышляева – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2017. – С.178-184.

РЕЗЕРВИРОВАНИЕ СЕРВЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ АСУТП ОФ «ШАХТА №12» НА ОСНОВЕ СОЗДАНИЯ КЛАСТЕРА ВЫСОКОЙ ДОСТУПНОСТИ

Кулюшин Г.А.^{1,2}, Грачев В.В.^{1,2}, Раскин М.В.², Иванов Д.В.², Макаров Г.В.^{1,2}

¹Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия

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

Аннотация. В статье рассматриваются технологии резервирования, применяемые к серверному оборудованию автоматизированной системы управления технологическим процессом обогатительной фабрики «Шахта №12» (г. Киселевск). Описана архитектура кластера VMware vSphere High Availability, состоящего из двух физических серверов и отвечающего за высокую доступность важнейших узлов систем оперативно-диспетчерского управления и централизованного хранения данных.

Ключевые слова: автоматизированная система управления технологическим процессом, резервирование, виртуализация, серверное оборудование, отказоустойчивость, обогатительная фабрика.

Abstract. The article discusses the redundancy technologies applied to the server equipment of the automated process control system of the coil preparation plant of "Shakhta No. 12" (Kiselevsk). There is described the architecture of the VMware vSphere High Availability cluster consisting of two physical servers responsible for high availability of the most important nodes of operational dispatch management systems and centralized data storage.

Keywords: automated process control system, redundancy, virtualization, server equipment, fault tolerance, coil preparation plant.

Введение

Одним из основных требований, предъявляемых к современным автоматизированным системам управления технологическим процессом (АСУ ТП), является обеспечение надежности функционирования данных систем. С этим требованием напрямую связаны

технико-экономические показатели и показатели безопасной работы всего автоматизированного промышленного комплекса:

1) минимизация простоев оборудования сокращает экономические потери, получаемые за тот период, когда технологический объект потенциально мог производить продукцию, но по техническим причинам сбоев АСУ ТП простаивал;

2) реализация функции непрерывного оперативно-диспетчерского управления важна для обеспечения нормального режима работы автоматизированного промышленного комплекса, целостности технологических установок, а также для безопасности здоровья и жизни производственного персонала.

Современная АСУ ТП является достаточно гибкой, является модульной и территориально распределенной. Для обеспечения стабильности функционирования АСУ ТП в последнее время применяются системы виртуализации, обеспечивающие высокую доступность модульных подсистем, в том числе SCADA-систем, на основе технологий резервирования.

В рамках создания автоматизированной системы управления технологическим процессом углеобогащительной фабрики ООО «Шахта №12» (г. Киселевск, Кемеровская обл.) была решена задача разработки высоконадежного комплекса программно-технических средств АСУ ТП, представленного кластером серверов с централизованным управлением, обеспечивающего высокую доступность системных модулей.

Описание применяемого программного обеспечения

В качестве базового ПО системы виртуализации АСУ ТП ОФ «Шахта №12» используется платформа vSphere версии 6.7 от компании VMware (США), являющейся лидером рынка программного обеспечения для виртуализации. Данная платформа содержит в себе следующие программные компоненты (рисунок 1) [1]:

1. Гипервизор VMware ESXi, который является системной оболочкой, устанавливаемой на физическое оборудование, для развертывания группы виртуальных машин VM.

2. Приложение VMware vCenter Server для централизованного администрирования системы виртуализации, конфигурации кластерных решений и мониторинга работы всех узлов системы в единой консоли клиента VMware vSphere Client на основе HTML5.

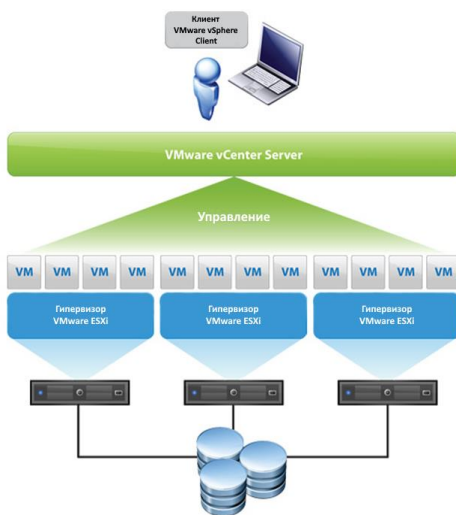


Рисунок 1 – Архитектура системы виртуализации vSphere

В рамках реализации кластера высокой доступности на обогащательной фабрике «Шахта №12» используется редакция VMware vSphere Essentials Plus, позволяющая лицензировать сразу три физических хоста с ограничением по наличию не более двух процессоров на каждом. Также в набор входит лицензия для vCenter Server for Essentials. Данная редакция предоставляет следующие возможности и компоненты, обеспечивающие высокую надежность, функциональность и доступность АСУ ТП:

– *vSphere High Availability* обеспечивает экономичный автоматический перезапуск

за несколько минут для всех приложений при отказе оборудования или ОС;

– *vSphere vMotion* обеспечивает перенос работающих виртуальных машин по серверам без прерывания работы пользователей или обслуживания, что устраняет необходимость в планировании простоев приложений для обслуживания серверов [2].

Описание используемого технического обеспечения. Разработанный серверный кластер (рисунок 2) состоит из двух физических хостов виртуализации: ведущий/основной Srv1 и ведомый/резервный Srv2, на которых размещаются 5 виртуальных машин [3]:

- IAS1: основной сервер объектов Wonderware Application Server, основной сервер ввода-вывода Device Integration Server, Kepware OPC Server;
- IAS2: резервный сервер объектов Wonderware Application Server, резервный сервер ввода-вывода Device Integration Server, Kepware OPC Server;
- IDE (DG): сервер разработки Wonderware Development Studio, программное обеспечение подготовки отчетности Dream Report;
- History (HS): сервер предыстории Historian Server;
- GR: сервер лицензирования, хранилище проекта Galaxy Repository.

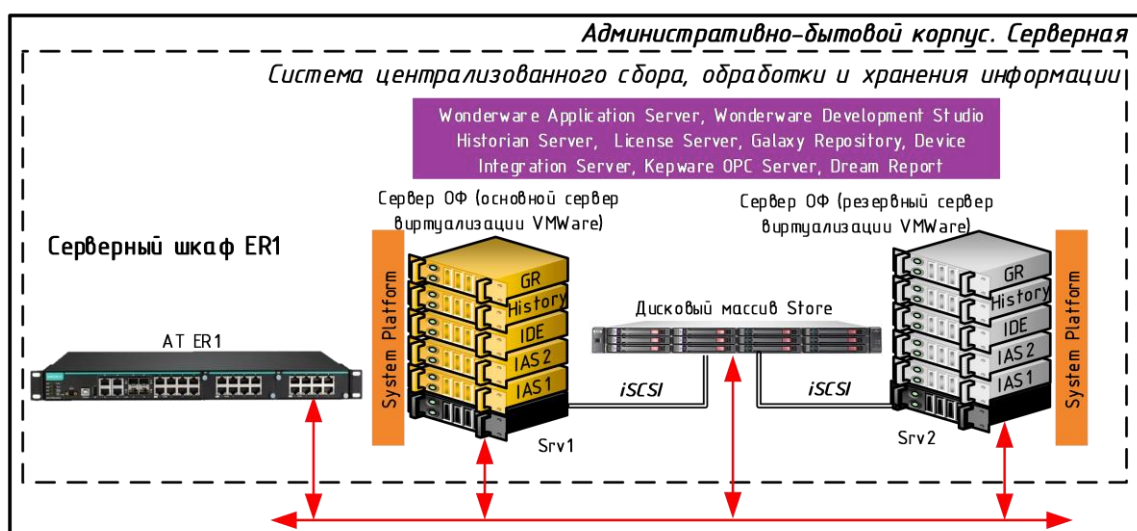


Рисунок 2 – Система централизованного сбора, обработки и хранения информации АСУ ТП ОФ «Шахта №12», реализованная на основе серверного кластера

Конфигурации серверных машин идентичны (таблица 1): каждый из серверов представлен моделью HPE Proliant DL360 Gen10 стоечного (rack) исполнения производства компании Hewlett Packard (США).

Таблица 1 – Технические характеристики сервера HPE Proliant DL360 Gen10

Наименование характеристики	Показатель
Число процессорных сокетов, шт.	2
Модель процессора	Intel Xeon Silver 4114
Количество ядер на процессор, шт	10 (20 процессорных потоков)
Тактовая частота, ГГц	2,2 – номинальная (3 – ускоренная)
Тактовая частота оперативной памяти (ОЗУ), МГц	2666
Объем установленной ОЗУ, Гб	80
Количество сетевых интерфейсов, шт.	4 x Broadcom Corporation NetXtreme BCM5719 Gigabit Ethernet (LAN RJ-45; 1Гбит/с) 2 x Intel(R) Ethernet Controller X710 for 10GbE SFP+ (Storage iSCSI; 10Гбит/с)

При выходе из строя основного сервера виртуализации происходит автоматическая миграция его виртуальных машин на резервный сервер Srv2. В данном случае происходит переключение операционной системы виртуализации с переносом всех виртуальных машин на второй сервер, обращаясь к файлам с общего дискового массива по протоколу iSCSI. Такой вариант резервирования обеспечивает высокую доступность системы и сохранность данных, минимизируя потерю производственной информации. В штатном режиме поставщиком производственных данных реального времени для АРМов диспетчера является виртуальный сервер IAS1 физического сервера ОФ. В случае выхода виртуального сервера IAS1 из строя происходит автоматическое переключение на резервный сервер IAS2, находящийся в «горячем» резерве, что исключает простои оборудования и потерю производственной информации. Переключение диспетчерских АРМов на резервный виртуальный сервер происходит без пауз и задержек [4].

В качестве хранилища файлов применяется кластерная файловая система VMFS на базе дискового массива HPE MSA 1050 от компании Hewlett Packard. Для подключения с серверными машинами применяется интерфейс iSCSI, который обеспечивает высокую скорость обмена файлами виртуальных машин между файловым хранилищем и серверами виртуализации.

Решения по реализации кластера физических серверов. Создание и настройка кластера высокой доступности возможна при помощи модуля vCenter Server, который установлен, как серверное приложение, на виртуальную машину GR. В дальнейшем это позволило обращаться к данному приложению через любую станцию, размещенную в том же сетевом пространстве и оснащенную браузером, поддерживающим язык HTML5.

При авторизации под пользователем, обладающим теми или иными правами доступа, vSphere Client предоставляет функции, соответствующие присвоенным ролям. На рисунке 3, в области меню Hosts and Clusters, отображена иерархическая структура vCenter-сервера GR с присвоенной ему рабочей областью OFSH12, в которой реализуется кластер высокой доступности с включенным режимом vSphere HA. Для данного кластера присваиваются физические hosts по их IP-адресам с развернутыми виртуальными машинами.

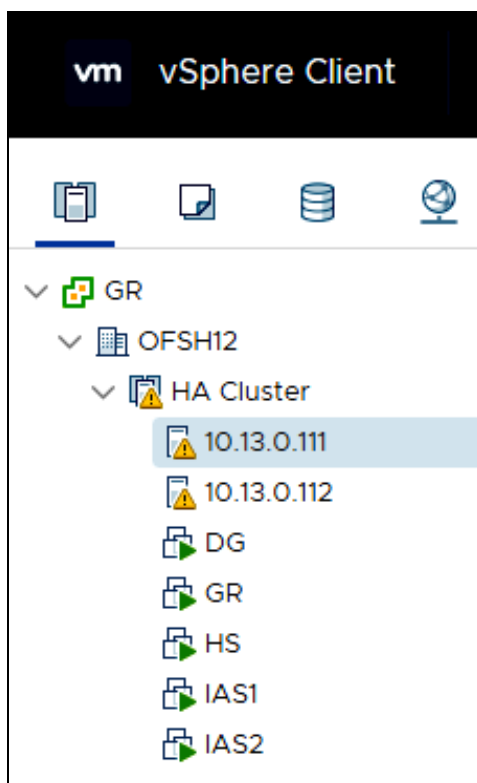


Рисунок 3 – Дерево кластера высокой доступности

Настройки кластера (рисунок 4) выбирались таким образом, чтобы обеспечить баланс между стабильностью и скоростью восстановления системы в случае сбоя.

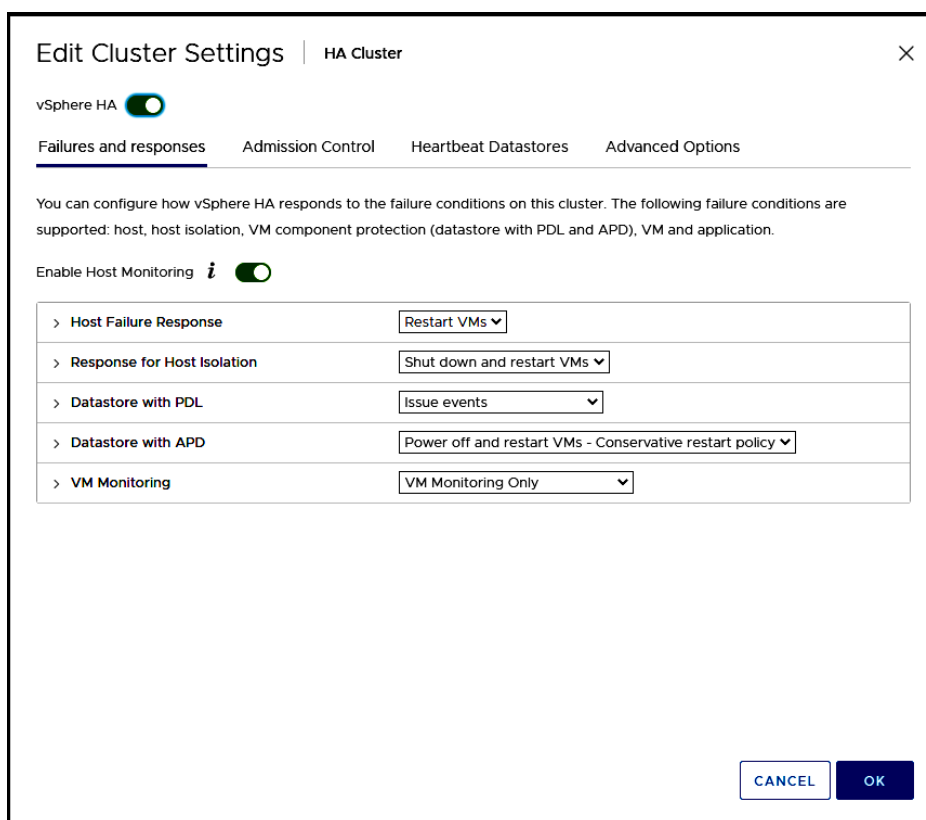


Рисунок 4 – Поле конфигурации кластера высокой доступности

Для обеспечения резервирования узлов в рамках функционирования кластера, были проведены мероприятия по выделению избыточных резервных каналов связи (рисунок 5).

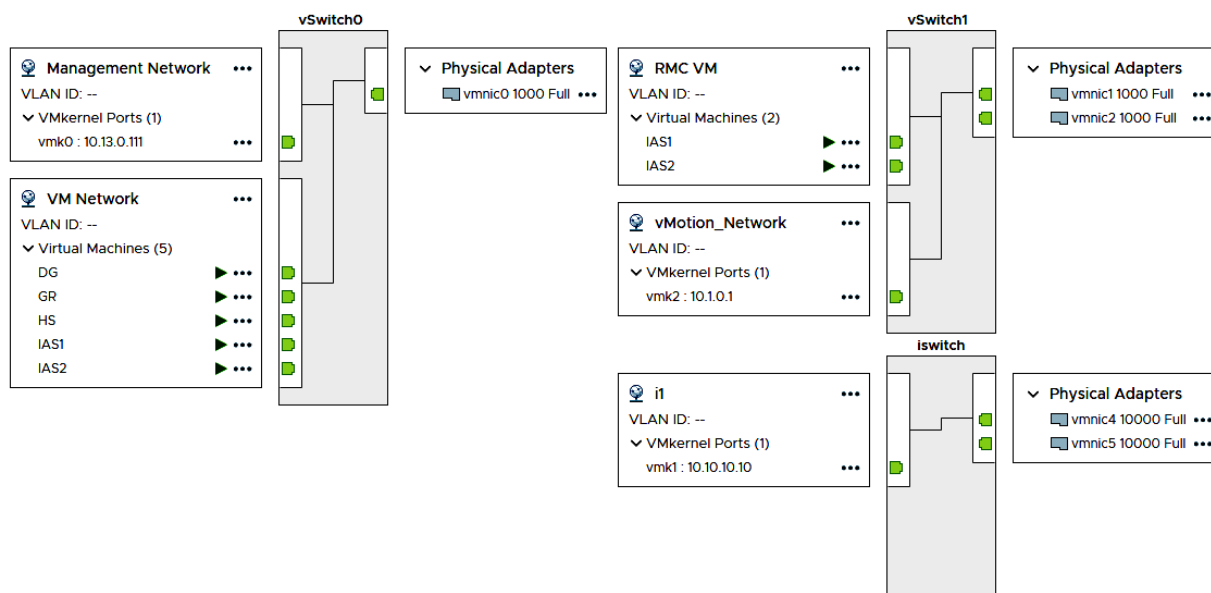


Рисунок 5 – Конфигурация сетевых подключений физических хостов

Каждый физический сервер соединяется с дисковым массивом по двум сетевым адаптерам iSCSI (vmnic4 и vmnic5). Это необходимо для повышения надежности каналов передачи файлов виртуальных машин в случае непредвиденного отказа или ухудшения работы канала связи (перебой шины iSCSI, нарушение функционирования самого сетево-

го адаптера). Аналогичным образом была организована резервная линия (виртуальный свитч vSwitch1) сети управления с использованием дополнительных каналов связи (vmnic1 и vmnic2), необходимых в первую очередь для работы утилиты vMotion. Данная процедура позволила снизить вероятность возникновения события, называемого «изоляцией хоста»: в случае, когда хост находится в «сетевой изоляции», сервисы (агенты высокой доступности) кластера, размещенные в гипервизорах физических хостов, могут однозначно интерпретировать ситуацию, как выход из строя ведущего сервера кластера. Данное решение приводит к нежелательному исходу, когда виртуальные машины дублируются на резервном сервере, то есть одновременно будут запущены две активные копии каждой виртуальной машины.

Заключение. Использование технологий резервирования кластеризации физических серверов позволило повысить надежность и эффективность работы АСУ ТП ОФ «Шахта №12».

При такой реализации кластера высокой доступности отсутствует необходимость в ручной перезагрузке серверов, время автоматического восстановления при аппаратном сбое составляет около 10 минут. Для снижения времени восстановления системы возможно применение инструментов «горячего» резервирования, например, включение функции vSphere Fault Tolerance, позволяющая сократить время восстановления системы до 30-50 секунд.

Библиографический список

1. Как работает виртуализация VMware: платформа vSphere, приложение vCenter Server и гипервизоры ESX и ESXi [Электронный ресурс]: – Электрон. дан. – Россия – URL: https://market.cnews.ru/news/top/2020-06-03_gipervizory_vmware_vspherevcenter/, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 23.10.2021)
2. Технический проспект VMware. Наборы VMware vSphere Essentials Kit [Электронный ресурс]: – Электрон. дан. – Россия – URL: <https://www.vmware.com/files/ru/pdf/products/vsphere/Vmware-vSphere-Essentials-Plus-Datasheet.pdf>, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 23.10.2021).
3. Шипунов, М. В. Система автоматизации управления обогатительной фабрикой ООО "Шахта №12" / М. В. Шипунов, В. В. Грачев, К. А. Ивушкин [и др.] // Системы автоматизации в образовании, науке и производстве. AS'2019: Труды XII Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием), Новокузнецк, 28–30 ноября 2019 года / под общ. ред. С.М. Кулакова, Л.П. Мышляева. – Новокузнецк: Сибирский государственный индустриальный университет, 2019. – С. 186-192.
4. 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.

КОМПЕНСАЦИЯ ЭФФЕКТА ЗАТЕНЕНИЯ БАШНИ ВЕТРОУСТАНОВОК СРЕДСТВАМИ ДВУХКОНТУРНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ Чепига А.А., Юсеф А.	69
ОСОБЕННОСТИ УЧЕТА ЗАФИКСИРОВАННЫХ СОБЫТИЙ СИСТЕМ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ПЕРСОНАЛА И ТРАНСПОРТА НА ШАХТАХ Койнов Р.С., Ляховец М.В., Комаров В.В., Гурьянов П.С.	73
РЕЗЕРВИРОВАНИЕ СЕРВЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ АСУТП ОФ «ШАХТА №12» НА ОСНОВЕ СОЗДАНИЯ КЛАСТЕРА ВЫСОКОЙ ДОСТУПНОСТИ Кулюшин Г.А., Грачев В.В., Раскин М.В., Иванов Д.В., Макаров Г.В.	78
АЛГОРИТМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ БЛОЧНО-СИНХРОННОГО КЛЕТОЧНОГО АВТОМАТА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ГАЗОУГОЛЬНОМ РАСТВОРЕ Немцев А.Ю., Калашников С.Н.	84
ПРИМЕНЕНИЕ АППАРАТА ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ УЗЛА В СЕТЕВОЙ СТРУКТУРЕ Грачев А.В.	90
О КОНЦЕПЦИИ АВТОМАТИЗАЦИИ В УСЛОВИЯХ «INDUSTRIAL 4.0» Исаев Э.В., Михайлова О.В.	93
УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМОЙ АВТОМАТИЧЕСКОГО ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ЗДАНИЯ Гусев С.С.	97
АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ МЕХАНИЗМОВ АНАЛИЗА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ Кожевников А.А.	106
О РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПЛАНА РАЗВИТИЯ ГОРНЫХ РАБОТ УГЛЕДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ Ефимов Н.Ю.	113
МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СТРУКТУРНО НЕОДНОРОДНОМ ГЕОМАССИВЕ ПРИ ВЗАИМНОМ ВЛИЯНИИ ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТОК Павлова Л.Д., Петрова О.А., Фрянов В.Н.	116
СЕКЦИЯ 2 СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ	123
ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ ОФ «ШАХТА №12» НА БАЗЕ ПАКЕТА AVEVA SYSTEM PLATFORM 2017 Иванов Д. В., Мышляев Л.П., Кулюшин Г.А., Коровин Д.Е., Грачев В.В.	125
О КОРРЕКТНОСТИ РАСЧЕТА СОСТАВА И СВОЙСТВ КОНЕЧНОГО ШЛАКА В АРМ ТЕХНОЛОГА ДОМЕННОЙ ПЕЧИ Спирин Н.А., Гурин И.А., Лавров В.В., Щипанов К.А.	130

Научное издание

**СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ
(в образовании, науке и производстве)
AS' 2021**

**ТРУДЫ XIII ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ**

(с международным участием)

2 – 3 декабря 2021 г.

Под общей редакцией

д.т.н., проф. С.М. Кулакова,
д.т.н., проф. Л.П. Мышляева

Материалы докладов изданы в авторской редакции.

Подписано в печать 30.11.2021 г.

Формат бумаги 60x84 1/8. Бумага писчая. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 24,41. Уч.-изд. л 26,86. Тираж 300 экз. Заказ № 279

Сибирский государственный индустриальный университет
654007, Кемеровская область – Кузбасс, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42
Издательский центр СибГИУ