

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»
Администрация Правительства Кузбасса
Администрация г. Новокузнецка
Институт проблем управления им. Трапезникова РАН
Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН
АНО «Научно-образовательный центр «Кузбасс»**

**СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ
(в образовании, науке и производстве)
AS' 2023**

**ТРУДЫ ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО–ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ
(с международным участием)**

12-14 декабря 2023 г.

**Новокузнецк
2023**

УДК 658.011.56
С 409

Редакционная коллегия:

д.т.н., проф. В.В. Зимин (ответственный редактор),
д.т.н., проф. С.М. Кулаков, к.т.н., доц. В.А. Кубарев,
д.т.н., проф. Л.Д. Павлова, д.т.н., доц. И.А. Рыбенко,
к.т.н., доц. В.И. Кожемяченко (технический редактор).

С 409 Системы автоматизации (в образовании, науке и производстве) AS'2023: труды Всероссийской научно–практической конференции (с международным участием), 12-14 декабря 2023 г. / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Сибирский государственный индустриальный университет ; под общ. ред. В.В. Зимина. – Новокузнецк : Издательский центр СибГИУ, 2023. – 420 с.

ISBN 978-5-7806-0583-6

Труды конференции посвящены научным и практическим вопросам в области современных систем автоматизации и информатизации учебных, исследовательских и производственных процессов. Представлены результаты исследования, разработки и внедрения методического, математического, программного, технического и организационного обеспечения систем автоматизации и информационно-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, аспирантов и обучающихся по программам бакалавриата и магистратуры.

УДК 658.011.56

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2023

ОБЗОР НОВЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ЦИФРОВИЗАЦИИ УГОЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ОТКРЫТОГО ТИПА

Кокорев И.С., Широченко Д.С., Рожкова Ю.В., Бочаров В.В.*

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»
г. Новокузнецк, Россия, ilya_borisov62@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена современным методам решения некоторых задач на угольном предприятии открытого типа. В ней описаны современные методы и оборудование, используемое на действующих объектах угледобычи.

Ключевые слова: обзор, угольный разрез, цифровой двойник, цифровые решения, современные методы.

Abstract. The article is devoted to modern methods of solving some problems at an open-type coal enterprise. It describes modern methods and equipment used at existing coal mining facilities.

Keywords: Review, Coal Mine, Digital Twin, Digital Solutions, Modern Methods.

По пути цифровизации, различные угольные предприятия России идут уже несколько лет, поэтапно внедряя новые технологии и системы искусственного интеллекта. Главная цель – повышение эффективности производства. Но системно мыслящие специалисты заявляют: все это необходимо ещё и для повышения уровня безопасности сотрудников производственных площадок, повышения уровня защиты окружающей среды. Поэтому, в список ключевых задач, некоторые компании, включают – формирование многоцелевой системы безопасности и внедрение дистанционного контроля на участках с повышенными производственными рисками.

Для примера, возьмем компанию «Кузбассразрезуголь», в которой, давно определили для себя цифровую стратегию [1]. Ее реализация состоит из нескольких последовательных этапов:

- введение на промплощадках решений, эффективных с точки зрения экономической эффективности. Одна из ключевых ступеней здесь – диспетчеризация, и далее расширение ее на все филиалы компании;

- создание трёхмерных цифровых двойников разрезов;

- внедрение на всех этапах производства новейших систем контроля.

Казалось бы, глобальное внедрение «цифры» и снижение до нуля рисков для сотрудников на производстве – где здесь связь? А ее легко можно отследить на первом этапе цифровизации, которым стала диспетчеризация. Это – связка в единую систему слежения и контроля всех используемых на площадке технических средств – от вспомогательного оборудования до тяжёлых карьерных машин.

Такая система позволяет видеть в режиме реального времени весь производственный процесс, а также предотвращать попадание технической единицы или человека в зону риска. Экономика есть и здесь: после внедрения данного решения коэффициент организации рабочего времени становится выше, а ненужные холостые передвижения техники сводятся к нулю.

Одно из возможных ЧП, которое может случиться на горных предприятиях, – обрушение откосов бортов и отвалов. Чтобы этого не произошло, за ними нужен постоянный контроль.

Для решение данной проблемы, начали применять георадары, которые представляют из себя электронный прибор, позволяющий, исследователям получать непрерывный срез той пространственной среды, в которой производится диагностика. Благодаря высокой мобильности георадара в сочетании с возможностью проведения неразрушающего

* Научный руководитель: доктор технических наук, профессор, Кулаков С.М.

сканирования грунта (без контрольного бурения) с высокой детализацией, делают его уникальным среди другого оборудования, используемого в геофизике. Благодаря полученным данным, появляется возможность принять правильное решение при проведении работ, в результате чего инженерные изыскания становятся менее затратным. При георадарных исследованиях существует возможность отобразить результаты проведенного сканирования грунта в виде 3D-модели изучаемой среды [2], рисунок 1.



Рисунок 1 – Георадар

Порядок работы комплекса:

- каждые 2–5 минут радар оценивает параметры массивов, с помощью камеры высокого разрешения и реагирует даже на малейшие передвижения породы. Прибор способен улавливать подвижки до 0,1 мм;
- полученные данные отправляются маркшейдерам и в диспетчерскую службу;
- далее информация поступает в специальную программу, которая максимально быстро проводит их анализ и выдаёт готовые графики и карты. Каждое поступление данных остаётся в памяти программы, это позволяет оценить состояние бортов и отвалов в динамике и даёт чёткое понимание о наличии подвижек;
- если приборы покажут изменения и отклонения текущих значений параметров от предыдущих, а значит: риск вероятного обрушения, радар подаст сигнал. И это позволит оперативно вывести из зоны возможной опасности людей и технику. Также у радара есть возможность настройки СМС-оповещения ответственных специалистов с делением их на группы. Это удобно при настройке рассылки – оповещение о разных уровнях риска разных групп специалистов.

Цифровые технологии работают и на улучшение качества связи. Своевременная, оперативная коммуникация между участками, производственными площадками и в их пределах крайне важна для работоспособности карьера.

Аналоговые системы обеспечивают в основном только голосовую связь. Далеко не всегда реализована запись переговоров. В редких случаях используется мониторинг транспорта. Современные системы, основанные на цифровых технологиях, позволяют гибко строить распределённые сети, увеличивать покрытие и ёмкость в соответствии с планами развития предприятия. К примеру, более 10 лет разрабатываются и внедряются по всему миру диспетчерское ПО для систем DMR и Tetra, рисунок 2.



Рисунок 2 – Пример применения современной онлайн – видеосвязи

В цифровых системах радиосвязи наиболее востребована функциональность частных и групповых вызовов, объединения групп, выход в телефонную сеть, объединение радиосетей, мониторинг транспорта и мониторинг персонала внутри помещений, сигналы тревоги, а также телеметрия. Кроме того, используются и уникальные функции: распознавание голосовых команд, стыковка с LTE-сетями и использование мобильных приложений (PoC) [3].

В состав комплекта связи входят радиостанции нового формата, из них часть – переносные. Сигнал передают две вышки, которые могут работать в течение четырёх часов без питания от внешнего источника, что предохраняет от потери связи в случае, например, аварийного отключения электроэнергии.

Преимущества такой радиосвязи:

- наличие транкинга – каналы связи распределяются между пользователями автоматически, притом радиоканалов и оборудования для обеспечения коммуникаций необходимо меньше;

- можно устанавливать конференц-связь сразу с несколькими абонентами, соединение мгновенное (у мобильной связи такая функция отсутствует);

- кроме стандартного набора опций – вызова одного абонента или сразу нескольких, у данной технологии связи имеется функция «маячка» – отслеживание, где находится сотрудник, машина или оборудование. Таким образом, данное новое решение не только выполняет прямую функцию, но и работает на гарантию безопасности;

- адаптация оборудования к суровым сибирским условиям, что обеспечивает наличие связи даже при экстремальных температурах и других климатических особенностях Сибири.

Факторы опасности, влияющие на трудящихся на горнодобывающих месторождениях, достаточно разнообразны: они могут быть связаны с тяжёлыми климатическими условиями или же воздействием токсичных и/или радиоактивных веществ. Нельзя забывать также и о человеческом факторе: несмотря на все меры, предпринимаемые предприятиями по проведению медосмотров перед сменами и внедрению систем контроля усталости для водителей карьерной техники, всегда остаётся опасность потери концентрации по разнообразным причинам [8]. Поэтому в целях безопасности некоторые разрезы стали оснащать Камазы системами, отслеживающими поведение управляющего техникой человека.

Подавляющее большинство дорожно-транспортных происшествий с карьерной техникой связаны с человеческим фактором. Монотонный ритм движения по карьру,

длительные рабочие смены, работа в ночное время и другие факторы способствуют появлению симптомов сонливости, пониженной концентрации внимания, замедленной реакции и, в экстремальных случаях, засыпания во время движения. Последствия даже кратковременного проявления этих состояний могут быть весьма серьезными.

Задача системы – отследить признаки усталости у сотрудника и вовремя сигнализировать об этом. В частности, издать громкий звуковой сигнал. Отключить сигнал можно только осознанным действием водителя. В крайнем случае современные технологии, позволяют включиться в процесс централизованному диспетчерскому пункту.

За здоровьем сотрудников также следит автоматизированная система прохождения предсменных медицинских осмотров – ЭСМО. Диагностика на такой установке занимает всего 50 секунд. За это время сотрудник успевает пройти все регламентированные законом процедуры: отметить наличие либо отсутствие жалоб, измерить температуру, пульс и артериальное давление, пройти проверку на алкоголь и оценить функциональное состояние нервной системы. Обмануть терминал нельзя: перед осмотром сотрудник проходит идентификацию в системе с помощью специальной программы, во время осмотра ведется видеозапись [7].

В рамках программы цифровизации все чаще стали применяться беспилотные летательные аппараты. Назначение этих гаджетов: аэросъемка, маркшейдерские работы, тепловизионный мониторинг. Но главное – существенная помощь специалистам в различных сферах, таких как мониторинг состояния заброшенных шахт, управление хвостовыми отвалами, контроль добычи и охрана объектов и т.д. [4].

В скором времени, будут применяться не только беспилотные летательные аппараты, но и наземные. Так Завод «Бецема» совместно с одним из ведущих производителей грузовиков «КАМАЗ» разработал и представил экспериментальную модель беспилотного самосвала «Атлант-49», рисунок 3.



Рисунок 3 – «Атлант-49»

Машина способна выполнять свои функции в режиме 24/7 без участия человека. Это позволяет снизить риски для рабочих, повысить безопасность и эффективность работы. При необходимости самосвалом удаленно может управлять оператор.

Беспилотный грузовик предназначен для использования в карьерах и угольных разрезах. Сейчас модель проходит доработку в научно-техническом центре КАМАЗ. После этого его отправят на тестирование в реальных условиях на одно из горных предприятий, в Кемеровской области.

«Атлант-49» оснащен экономичным и мощным газовым двигателем, который отличается долгим сроком службы. Карьерный беспилотник имеет большую грузоподъемность и способен перевозить более 50 тонн.

Выглядит самосвал весьма непривычно, не только благодаря дизайнерским изысканиям, но и в силу особой конструкции кабины: в ней нет привычного салона, окон

и дверей. В кабине расположена установка для автопилота, оборудование для дистанционного управления и топливная аппаратура [6].

И, конечно, за беспилотниками – повышение эффективности работы: они снимают максимально точные данные и передают их оперативно. Позже их загружают в специальную программу и создают цифровую модель месторождения. А от этого во многом зависит дальнейшее стратегическое планирование работы всего производства.

Для некоторых горнодобывающих предприятий цифровой двойник и цифровая система управления уже стали реальностью, для некоторых ещё остаются мечтой, а другие пока сомневаются в их необходимости и эффективности.

Цифровизация практически всех отраслей в последние годы стала для России одной из национальных целей. Но потребность в создании цифровых двойников для горнодобывающих предприятий возникла даже раньше. Она назревала постепенно: их прообразами были сначала планы маркшейдерских работ, потом – геологические трёхмерные модели, создавать которые начали десятки лет назад [5], рисунок 4.

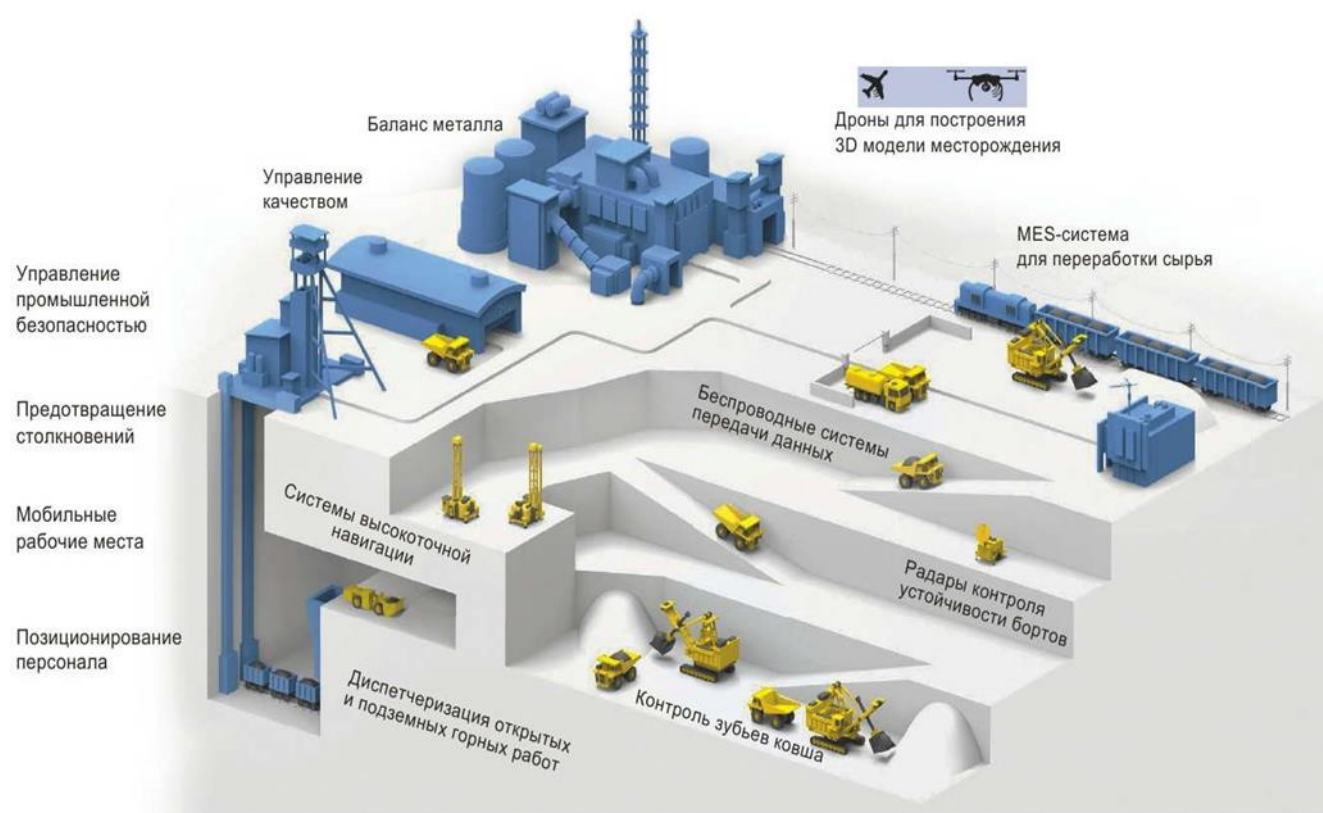


Рисунок 4 – Цифровое предприятие

Это точные цифровые копии производственных площадок, содержащих всю необходимую информацию о них, которые создают с помощью специальной программы.

Для чего нужны виртуальные двойники? Они позволяют:

- наиболее эффективно анализировать производственную деятельность;
- с максимальной результативностью на основе данных анализа принимать управленческие решения;
- адекватно проектировать и планировать дальнейшую работу.

Как следствие, все вышеперечисленное приводит не только к повышению эффективности производства и выведению его на качественно новый уровень, но и делает более безопасным выполнение горных работ – как для сотрудников, так и для экологии региона присутствия [6].

Цифровые технологии связи, измерения, управления открытыми угольными предприятиями развиваются быстрыми темпами. Они охватывают все основные аспекты деятельности, связанные с открытой угледобычей, начиная от контроля состояния бортов и отвалов карьера и управления производством до управления самочувствием и здоровьем трудящихся, а также беспилотной техникой и экологической обстановкой. Они позволяют наращивать производительность труда, повышать его безопасность и комфортность.

Библиографический список

1. «Наука, уголь, экономика. Задачи 21 века и способы их решения» [Электронный ресурс] // URL: <https://www.vnedra.ru/lyudi/kadri/nauka-ugol-ekologiya-zadachi-xxi-veka-i-sposoby-ih-resheniya-14461/> (Дата обращения: 08.11.2023)
2. «Принцип работы и использования георадара» [Электронный ресурс] // URL: <http://redut-security.ru/english-printsip-raboty-i-ispolzovanie-geor> (Дата обращения: 08.11.2023)
3. «Система связи добывающих предприятиях: модернизация и эксплуатация» [Электронный ресурс] // URL: <https://dprom.online/unsolution/sistemy-svyazi-na-dobyvayushhih-predpriyatiyah-modernizatsiya-i-ekspluatatsiya/> (Дата обращения: 08.11.2023) [Автор: Анна Кучумова]
4. «Применение БПЛА в горнодобыче и геологоразведке» [Электронный ресурс] // URL: <https://dprom.online/mtindustry/primenenie-bpla/> (Дата обращения: 08.11.2023)
5. «Цифровой двойник горного предприятия. Всё и немного больше» [Электронный ресурс] // URL: <https://dprom.online/mtindustry/tsifrovoy-dvojn timer-gornogo-predpriyatiya/> (Дата обращения: 08.11.2023)
6. «Грузовой Робокоп» [Электронный ресурс] // URL: <https://insergpsad.ru/news/transport/podmoskovnyj-zavod-razrabotal-bespilotnyj-samosval/> (Дата обращения: 14.11.2023)
7. «Инновация – основа производства» [Электронный ресурс] // URL: <https://www.kommersant.ru/doc/4540267> (Дата обращения: 14.11.2023)
8. «Роботы как ключ к безопасности горных работ» [Электронный ресурс] // URL: <https://www.vnedra.ru/tehnologii/roboty-kak-klyuch-k-bezopasnosti-gornyh-rabot-16095/> (Дата обращения: 14.11.2023)

УДК 621.3.07

РЕАЛИЗАЦИЯ ЦИФРОВОГО РЕГУЛЯТОРА ГЕНЕРАТОРА ИМПУЛЬСОВ НА МИКРОКОНТРОЛЛЕРЕ

Арбузов И.С., Кузнецова Е.С.

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»
г. Новокузнецк, Россия, arbuzovkrut@gmail.com

Аннотация. Рассматривается методика синтеза цифрового регулятора по критерию динамической точности. Проводится дискретная аппроксимация регулятора, полученного аналитическим способом. Составляется программа для реализации цифрового регулятора на программируемом логическом контроллере.

Ключевые слова: генератор мощных импульсов тока, система автоматического регулирования параметров генератора, контуры регулирования напряжения на конденсаторах и тока заряда, синтез регулятора, дискретная аппроксимация, программная реализация.

Abstract. In this paper the method of synthesis of a regulator according to the criterion of dynamic accuracy. Held discrete regulator approximation derived analytically. Components of the program in the CoDeSys environment for the realization of the digital controller in the programmable logic controller.

Keywords: generator of powerful current pulses, system of automatic regulation of generator parameters, circuits of regulation of voltage on capacitors and charge current, synthesis of regulator, discrete approximation, software implementation.