

УДК 629.353:681.51

РОБОТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ КАРЬЕРНЫМИ АВТОСАМОСВАЛАМИ

Труфанов М.В., студент гр. АГс-191, IV курс
Захаров А.Ю., д.т.н., профессор
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

В современных условиях добыча полезных ископаемых становится все труднее в связи с усложняющимися горно-геологическими условиями и климатическими факторами. В таких условиях присутствие человека в зоне ведения горных работ может стать опасным и затруднительным. Одним из возможных путей решения этой проблемы может стать использование безлюдной технологии при ведении открытых горных работ.

Для минимизации присутствия людей в забоях ведущие горнодобывающие предприятия наметили устойчивую тенденцию к созданию и внедрению дистанционно-управляемой техники и систем автономных грузоперевозок на основе роботизированных самосвалов. Система автономных грузоперевозок способна уменьшить влияние человека на режим управления транспортной техникой, уменьшить риски для самого водителя, а также обеспечить маневрирование в местах погрузки и разгрузки. Таким образом, внедрение системы позволяет существенно повысить общую производительность горно-транспортного комплекса, уменьшить расходы на техобслуживание и сократить энергозатраты [1].

Стоит отметить, что роботизированные самосвалы уже успешно эксплуатируются в горнодобывающих компаниях Чили и Австралии. Оценки зарубежных экспертов показывают, что автоматизированное управление работой автотранспорта позволяет повысить его производительность на более чем 20% [2].

Таким образом, внедрение систем автономных грузоперевозок на основе роботизированных самосвалов является перспективным решением для повышения безопасности и эффективности горнодобывающих работ. Однако, необходимо учитывать, что внедрение таких систем потребует значительных инвестиций и разработки соответствующих технологий.

Возможности и преимущества роботизированного автосамосвала

➤ *Повышение безопасности.* Внедрение роботизированных технологий повышает безопасность и снижает риски, связанные с человеческим фактором во время горных работ. Автоматизированные карьерные самосвалы

исключают вероятность столкновений, которые могут произойти, например, из-за усталости водителя, погодных условий, человеческого фактора и др.

➤ *Повышенная эффективность.* Роботизированные системы управления могут непрерывно управлять самосвалами и оптимизировать их производительность. Система адаптирует свою работу к рельефу местности и различной полезной нагрузке, снижая расход топлива и обеспечивая максимальную эффективность самосвала.

➤ *Снижение затрат.* Внедрение роботизированных систем управления снижает эксплуатационные расходы, связанные с добычей полезных ископаемых. Снижение затрат на рабочую силу и топливо, а также устранение простоев, связанных с техническим обслуживанием, приводит к значительной экономии средств.

➤ *Повышение производительности.* Автоматизированные операции по добыче полезных ископаемых повышают производительность при добыче полезных ископаемых. Роботизированные системы управления карьерными самосвалами могут работать 24 часа в сутки, 7 дней в неделю, без перерывов из-за пересменки. Непрерывная эксплуатация самосвалов значительно увеличивает производительность при одновременном сокращении времени выполнения работ.

➤ *Мониторинг в режиме реального времени.* Роботизированные системы управления обеспечивают мониторинг рабочих условий в режиме реального времени и могут выявлять и сообщать о любых потенциальных проблемах с работой самосвала. Эта особенность позволяет принимать немедленные корректирующие меры для обеспечения оптимального уровня производительности.

➤ *Повышенная забота об окружающей среде.* Снижение расхода топлива делает самосвал более экологичным, а автоматизация устраняет риск разливов масла и других опасностей для окружающей среды, вызванных человеческим фактором.

Структура роботизированной системы управления карьерным автосамосвалом и принцип работы

Роботизированная система управления карьерным самосвалом представляет собой сложную систему, состоящую из следующих основных компонентов:

Датчики транспортного средства

Роботизированная система управления оснащена различными датчиками, которые предоставляют информацию о положении, скорости, ускорении, ориентации и техническом состоянии автосамосвала. Эти датчики, такие как GPS (англ. Global Positioning System – система глобального позиционирования), IMU (англ. Inertial Measurement Unit – инерционный измерительный блок), камеры, микрофоны и LIDAR (англ. Light Detection and Ranging «обнаружение и определение дальности с помощью света»), помогают системе ориенти-

роваться в пространстве, избегать препятствий и анализировать окружающую среду.

Системы связи

Системы связи позволяют роботизированной системе управления передавать информацию с датчиков, установленных на самосвале, и принимать команды от центра управления.

Алгоритмы управления

Алгоритмы управления представляют собой набор инструкций, регулирующих работу систем автосамосвала. Эти алгоритмы используют данные датчиков в режиме реального времени для регулировки скорости, рулевого управления и аварийного торможения. Алгоритмы запрограммированы на оптимизацию работы автомобиля для повышения эффективности и безопасности.

Человеко-машинный интерфейс: Человеко-машинный интерфейс (ЧМИ или НМИ) представляет собой интерфейс между оператором и системой управления транспортным средством. НМИ предоставляет оператору доступ к данным, состоянию и элементам управления грузовика. Оператор может контролировать работу автосамосвала и при необходимости вмешиваться.

Наиболее полная структурная схема системы роботизированного управления автосамосвала представлена на рисунке 1.

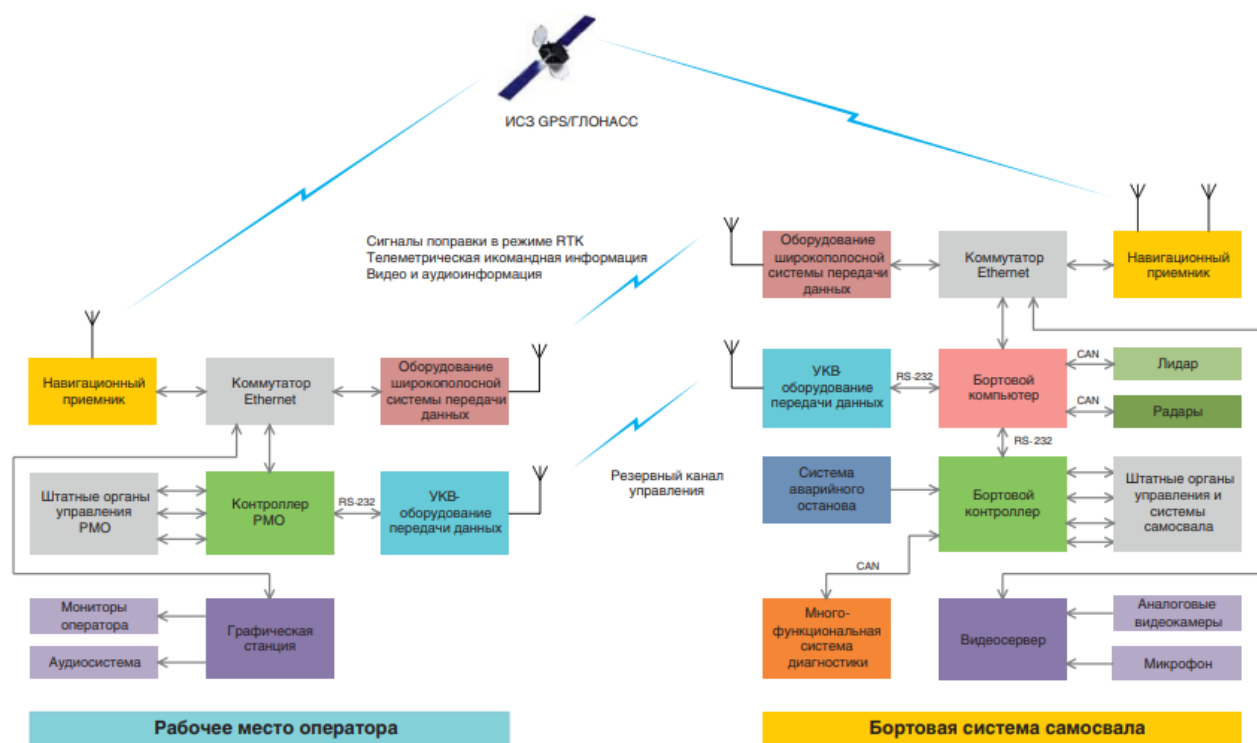


Рис. 1. Структурная схема системы дистанционного и автономного управления роботизированного карьерного самосвала [3]

Система роботизированного управления карьерными автосамосвалами работает на основе сбора, обработки и анализа информации из датчиков, а также на основе команд, передаваемых управляющему устройству. Датчики собирают информацию о состоянии автомобиля, такую как температура, давление, скорость, угол наклона, местоположение, вес груза и т.д., а также данные об окружающей среде, включая ландшафтные особенности, препятствия, погоду и т.д. Эта информация затем обрабатывается и анализируется программным обеспечением и алгоритмами управления, которые используются для контроля направления, скорости и ускорения автомобиля, а также для управления двигателем, тормозами и другими системами автомобиля.

Удаленное управление и мониторинг позволяют операторам и менеджерам управлять и отслеживать производительность и безопасность выполнения работ на расстоянии. Система связи обеспечивает передачу информации между компонентами системы и управляющими центрами.

Виды удаленного управления

Автономная работа: роботизированная система управления может управлять самосвалом самостоятельно по заданной программе, что снижает потребность во вмешательстве человека. Система может принимать решения в режиме реального времени на основе данных датчиков и алгоритмов управления.

Дистанционное управление: оператор управляет работой автосамосвала из удаленного места, что исключает влияние вредных и опасных факторов на человека.

Комбинированное управление: при выполнении наиболее сложных операций, которые требуют профессионального подхода оператора (нестандартные ситуации) управление осуществляется дистанционным способом. При выполнении рутинных операций управление осуществляется в автономном режиме.

Карьерные роботизированные самосвалы – Россия

Компания VIST Robotics (дочерняя компания «ВИСТ Групп»), Cognitive technologies и ОАО «КамАЗ» представляют новейшие разработки в области грузового автомобильного транспорта - роботизированный тягач «КамАЗ 5350» (2018 г.), «Юпитер 30» (2022 г.) и разрабатываемый в настоящее время беспилотный «КамАЗ» на базе тягача Neo 5490. Его разработка включает в себя три новейшие системы - SmartPilot, AirPilot и RoboPilot - которые, в сочетании с высокотехнологичными датчиками, видеокамерами и связующим оборудованием, обеспечивают безопасное и эффективное управление «беспилотником».



Рис. 2. Роботизированный автосамосвал «КамАЗ Юпитер 30»

Карьерные роботизированные самосвалы – Беларусь

ОАО «БелАЗ» и российская компания ОАО «ВИСТ Групп» в 2010 году совместно разработали дистанционно управляемый карьерный самосвал «БелАЗ» с электроприводом постоянного тока и грузоподъемностью 130 т. Управление самосвалом осуществлялось через систему диспетчеризации АСУ ГТК «Карьер», а позиционирование осуществлялось посредством GPS-навигации.

Антенны, расположенные по обе стороны кузова, и лидары, которые анализировали расстояние до объекта, обеспечивали безопасность передвижения машины. При необходимости выезда на дорогу общего пользования самосвал автоматически останавливался, а оператор контролировал движение с помощью пульта управления, находясь в офисе (рис. 3).



Рис. 3. Удаленное рабочее место оператора

На основе успеха, полученного от разработки дистанционно управляемого самосвала, в апреле 2018 года был изготовлен опытный образец роботизированного самосвала.

зированной карьерного самосвала «БелАЗ-7513R» (рис. 4) грузоподъемностью 136 т. В отличие от предыдущего образца, который не имел возможности управления машиной из кабины водителя, новая модель сохранила эту возможность, а также получила улучшенную технологию управления в дистанционном режиме. Этот самосвал оборудован камерами для обзора, GPS-навигацией и другими современными технологиями.



Рис. 4. Роботизированный автосамосвал «БЕЛАЗ-7513R»

Карьерные роботизированные самосвалы – Япония

Корпорация Komatsu начала испытания автономных транспортных систем (Autonomous Haulage System – AHS) на медном руднике Codelco (Чили) в 2005 г., а три года спустя развернула свою первую коммерческую AHS. Каждый из автономных самосвалов Komatsu оснащен контроллерами транспортных средств, высокоточной системой GPS, системой обнаружения препятствий и системой беспроводной сети. Система AHS позволяет повысить ритмичность работы, сохранить равномерную скорость машины и минимизировать простои [4].

В 2016 г., в США представлен на выставке автономный карьерный самосвал Komatsu IAHV (рис. 17), который можно купить только совместно с системой управления AHS. Основные отличия модели – полный привод, все управляемые колеса. Кроме того, имеется возможность движения челночным ходом с одинаковой скоростью, что позволяет уменьшить число разворотов, сэкономить время на постановку под разгрузку и погрузку и место в призабойной зоне и зоне разгрузки. Отсутствие кабины дало возможность максимально использовать для кузова всю 15-метровую длину. Расположение в базе двигателя позволило обеспечить минимальные дорожные свесы и перенести центр массы к средней части машины. Такое конструктивное решение

уравнило коэффициент сцепления всех колес с дорогой как в порожнем, так и в груженом состоянии.

В этой модели использованы обычные общедоступные компоненты. Дизельный двигатель Cummins QSK60 (как и в автономных моделях самосвалов 860E и 930E) развивает мощность 2700 л. с. В трансмиссии применены четыре электромотора General Electric 150 AC, генератор GE 240 AC (GE GTA-41), модифицированные бортовые редукторы от 860E-1K, динамический тормоз от 830E. Все колеса имеют отдельное управление как по вращению, так и по повороту. Это позволило, при 8,5-метровой ширине машины уменьшить радиус поворота до 15,9 м. На спусках контроль тяги дополнительно обеспечивает ретардер. Машина оснащена стандартным набором сенсоров, которые используются на всех автономных самосвалах Komatsu. Система слежения за дорогой автономного самосвала Komatsu IAHV позволяет сканировать ближайшее пространство с частотой 100 Гц, что вполне достаточно для технологических дорог при максимальной скорости 64 км/ч.



Рис. 5. Роботизированный автосамосвал «Komatsu IAHV»

Карьерные роботизированные самосвалы – США

Корпорация «Caterpillar» выпустила свои первые шесть карьерных автономных самосвалов в 2013 г., и с тех пор парк роботизированных машин вырос до 150. В 2018 году основной парк автономных самосвалов состоял из «CAT» 789D, 793D (рис. 5), 793F, 797F, 794AC.

Для позиционирования при перемещении каждый автономный карьерный самосвал использует радар и лидар, которые совместно с системой GPS создают общую картину местоположения, скорости и возможных препятствий. Эта информация поступает в централизованный компьютер в центре управления горным предприятием, который заменяет работу водителя. Вследствие этого маршруты от экскаватора до мест разгрузки чрезвычайно точны, и самосвалы снова и снова едут по одним и тем же путям. Бортовая инерциальная навигационная система действует как резервная копия, отправляя предупреждение при возникновении несоответствия между технологиями навигации.

Заключение

Автономные технологии имеют некоторые проблемы, их внедрение требует тесного сотрудничества между производителями и потребителями, а также адаптации производственного процесса. Но в то же время, автономные технологии могут значительно повысить производительность, оптимизировать процессы, уменьшить эксплуатационные затраты и сделать работу более безопасной. Таким образом, эта технология представляет собой большой потенциал для будущих горнодобывающих операций. Кроме того, централизованные комплексные решения, которые позволяют работать с парком автономного транспорта и другим горным оборудованием, могут стать ключом к успеху в этой области. В целом, автономные технологии сегодня являются наиболее перспективным направлением для развития горнодобывающей индустрии.

Список использованной литературы

1. Захаров А. Ю. Алгоритм оперативной диспетчеризации карьерного автотранспорта / Захаров А. Ю., Воронов А. Ю. // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2012. № 5 (93). С. 107-111.
2. Клебанов Д. А. Принципы построения системы дистанционного и автономного управления карьерным самосвалом / Д. А. Клебанов, И. В. Кузнецов, Н. В. Бигель // Горная промышленность – 2013 - №4 (110) - С. 8-13.
3. Гучек, Е. М. Преимущества и возможности роботизированного карьерного самосвала БЕЛАЗ грузоподъемностью 130 т / Е. М. Гучек, Д. А. Клебанов // Золото и технологии. – 2017. – № 4(38). – С. 78-81. – EDN YBMEHZ.
4. Walker S. Autonomy gradually gains momentum // Engineering and Mining Journal. 2014. Vol. 215, № 1. P. 32–37.