

УДК 622

АВТОМАТИЗАЦИЯ И РОБОТИЗАЦИЯ ГОРНОЙ ОТРАСЛИ

Игнатова А.Ю., студент гр. МРМ-231

Научный руководитель: Кизилев С.А.^{1,2}, старший преподаватель (¹КузГТУ),
научный сотрудник (²ФИЦ УУХ СО РАН)

Одним из наиболее эффективных способов сохранить жизнь и здоровье работников в производственных условиях, исключить воздействие на них вредных и опасных факторов является автоматизация и роботизация производства.

При автоматизации и роботизации применяются технические средства, математические методы, системы управления, освобождающие человека частично или полностью от непосредственного участия в производственных процессах.

Горная отрасль является наиболее сложной отраслью для выполнения технологических процессов.

Повышение эффективности труда и уровня его безопасности повысит конкурентоспособность предприятий горного кластера. Необходимо широкое внедрение роботизированных систем как на этапе добычи, так и транспортировки полезных ископаемых. Поскольку основной частью технологического процесса добычи полезных ископаемых является горнотранспортный комплекс, главным направлением обеспечения безопасности и повышения эффективности труда является роботизация горных машин и оборудования на открытых и подземных горных работах [1]. Сегодня по всему миру в горной промышленности работают сотни роботизированных самосвалов. Автономные самосвалы предоставляют постоянную телеметрию, самостоятельно реагируют на вызовы и перевозят породу к местам разгрузки. Помимо безопасности, автономная техника также позволяет собственникам бизнеса экономить деньги и ресурсы. Производством автономной карьерной техники под собственным брендом в мире сегодня занимаются такие компании, как «БЕЛАЗ», Caterpillar и Komatsu. Эксперименты в этом направлении ведут Hitachi и Liebherr. В 2016 г. компании Komatsu, Volvo и Scania представили автономные карьерные самосвалы без кабины водителя, которого заменил центральный контроллер. Машины способны двигаться вперед и назад с равной скоростью, имеют полный привод, управление вращением всеми четырьмя колесами и поворотом [2]. Электросамосвалы на аккумуляторных батареях, дизель-троллейбусы, машины с гибридной силовой установкой, роботизированные промышленные комплексы - перспективные направления в русле мировых тенденций по использованию альтернативных источников энергии и интеллектуальных беспилотных технологий в карьерной технике. Экономический эффект достигается прежде всего за счёт того, что в производственной цепочке минимизируется участие человека, а значит, исключается потеря времени на пересменку, обед и личные нужды.

Один из ведущих мировых производителей карьерной техники Белорусский автозавод и российский разработчик ПО для промышленности «Цифра Роботикс» разработали усовершенствованную систему грузоперевозок на базе автономных 90-тонных карьерных самосвалов. БЕЛАЗ интенсивно внедряет инновационные цифровые решения в свои разработки, в т.ч. беспилотный интеллектуальный транспорт. Два таких самосвала-робота вместе с дистанционно управляемым погрузчиком введены в опытно-промышленную эксплуатацию в составе роботизированного промышленного комплекса БЕЛАЗ на месторождении Ситницкое в Лунинецком районе. Здесь построен тестовый полигон с современным мобильным диспетчерским пунктом, проведена сетевая и электрическая инфраструктура, обеспечено покрытие территории объекта сетью 5G для управления роботизированным карьерным комплексом (рис. 1).



Рис. 1. Беспилотный самосвал БелАЗ

БелАЗ самостоятельно спускается в карьер и поднимается оттуда с грузом. Машина может работать в трех режимах: традиционном, когда водитель управляет машиной из кабины, дистанционном (оператор управляет машиной с удаленного рабочего места) и автономном (оператор удаленно только контролирует бортовую систему) [3].

Для того чтобы осуществить внедрение автоматизированной техники требует создания специальной инфраструктуры на карьере. Так, нужен диспетчерский центр с необходимым серверным оборудованием, параллельная дорога для проведения пробных запусков длиной как минимум 0,5-1 км и 2 площадки 50*50 м для отработки маневров, загрузки/разгрузки, необходимое количество станций wi-fi, шлагбаумы, заборы, специальные зоны входа/выхода.

Помимо технологического транспорта автоматизация горной промышленности сегодня осуществляется в области добывающего оборудования.

На сегодняшний день области применения робототехники в горнодобывающей промышленности включают автоматизированные выемку породы, бурение и обработку взрывчатых веществ.

Компании Terex Mining, Atlas Copco, Montabert, специализирующиеся на буровом оборудовании, разработали для своих станков, оснащенных погружными пневмоударниками высокого давления программное обеспечение и комплекс телематики, базирующийся на GPS-позиционировании.

Есть особый род мощных манипуляторов, служащих для бурения, разрушения и добычи твердых горных пород. Такой многозвенный манипулятор несет на конце гидравлический ударный инструмент, разрушающий породу многотонным усилием в импульсном режиме (тысячи импульсов в минуту). Манипулятор позволяет выдерживать заданные координаты и направление действия при его перемещении, а также обеспечивает автоматическое регулирование скорости перемещения инструмента в зависимости от состояния массива породы. Один такой манипулятор по своей производительности заменяет тяжелый ручной труд большого числа рабочих, снабженных пневматическими инструментами.

Применение мобильных роботов-разведчиков дает возможность повысить производственную безопасность как людей, так и оборудования. Они подходят для разведки, картографирования и контроля за деятельностью предприятия. Роботизированные устройства помогают обследовать небезопасные, способные к обрушению выработки. Потеря машины не несет столь сложных этических и моральных последствий по сравнению с человеческой жизнью. Мобильный робот для автономной разведки в шахтах может быть оснащен камерами, лазерными сканерами, настраиваемой системой освещения, может определять различные показатели (скорость движения воздуха, радиоактивность, концентрацию загрязняющих веществ). Управление роботом может производиться дистанционно через Wi-Fi из удаленного контрольного центра. Когда сигнал Wi-Fi слабеет, робот с помощью захвата размещает одну из сетевых станций на полу выработки. Робот также должен быть способен самостоятельно собирать размещенные Wi-Fi-станции, возвращаться назад в исходную точку [4].

В Кемеровской области ООО «Ресурс» транспортировку пород вскрыши с участка открытых работ осуществляет автосамосвалами БелАЗ-75131 грузоподъемностью 130 т. На автосамосвалах БелАЗ 75131 (транспортировка вскрышных пород) используется смешанное топливо (дизельное топливо+природный газ). ООО «Ресурс» на самосвалах БелАЗ 75131 реализовал базовую систему, обеспечивающую работу карьерных самосвалов в двухтопливном (газодизельном) режиме с использованием сжиженного природного газа. Базовая система позволяет обеспечить замещение части дизельного топлива при работе двигателей транспортного средства на природный газ. Для этого микропроцессорная система управления газодизельной системой с помощью двух блоков форсунок (каждая на свой ряд цилиндров) подает газомоторного топлива в эжекторы, установленные на впускном трубопроводе двигателя, одновременно снижая цикловую дозу дизельного топлива. Сжиженный природный газ на

борту транспортного средства хранится в двух криогенных топливных баках. Сжиженный природный газ из баков подается в испаритель, расположенный в подкапотном пространстве транспортного средства и подогреваемый охлаждающей жидкостью двигателя, газовая фаза на входе, пройдя через блок подготовки для очистки и выравнивания давления, поступает к блокам форсунок.

Для откачки ливневой воды из водосборников породного отвала на горных предприятиях используется насосное оборудование с управлением в автоматическом режиме. Автоматизация насосных установок предназначена для автоматического управления электросиловым оборудованием, поддержания оптимального уровня воды в водосборниках с сигнализацией о неисправности рабочего насоса.

Автоматизация работы насосных установок породного отвала выполняется на релейной схеме с применением регулятора уровня жидкости САУ-М7Е. Выбор рабочего и резервного насоса производится с помощью тумблера SA1. Запуск осуществляется с кнопок на панели прибора САУ-М7Е или по достижению максимального уровня. При возникновении аварии рабочего насоса начинает работать резервный насос и срабатывает светозвуковая сигнализация, для отключения аварии необходимо нажать на кнопку сброса аварии.

Система управления насосной станции представляет собой совокупность подсистем, имеет двухуровневую структуру.

Состав 1-го уровня: Поз.LE1-LE3, универсальный кондуктометрический датчик уровня ДС.П.3; датчик установить в трубе 50х3,5. Принцип действия датчика основан на разнице между электропроводностью воздуха и жидкости. Эта разница фиксируется двумя электродами: сигнальным, установленным на необходимом уровне, и общим. Когда поверхность жидкости соприкасается с сигнальным электродом, происходит замыкание между двумя электродами.

Состав 2-го уровня: Поз.LIC1, регулятор уровня жидкости САУ-М7Е, обеспечивающим контроль уровня жидкости в водосборниках. Прибор работает как в автоматическом режиме (управление осуществляется по сигналам с датчиков уровней в соответствии с алгоритмом опорожнения резервуара по гистерезисному закону, реле САУ-М7Е включается после замыкания датчика промежуточного уровня, а выключается только при размыкании датчика нижнего уровня), так и в ручном (управление производится по командам от кнопок «ПУСК» и «СТОП», независимо от состояния датчиков. Действие кнопок при необходимости можно заблокировать).

В горном деле отмечаются следующие тенденции:

1. Рост производственных затрат, в том числе за счет заработной платы, уменьшает сроки окупаемости автоматизированных технологий добычи полезных ископаемых. Это стимулирует горнодобывающие предприятия все активнее внедрять беспилотную технику. Дополнительным стимулом является снижение числа несчастных случаев и повышение эффективности использования оборудования за счет отказа от человеческого труда.

2. Роботизированная беспилотная горнотранспортная техника способна обеспечить прирост эффективности производства на 15-20 % (по данным резидента Сколково компании «Вист Групп»).

3. По данным Международной федерации робототехники в 2022-2025 гг. рынок роботов будет расти на 10-12 % в год.

4. Расширение применения робототехники в горном деле предъявляет особые требования к ее надежности и качеству, вызывает ряд проблем, которые должны быть совместно решены как научными, так и промышленными кругами.

При разработке проекта автоматизации горного предприятия важно правильно выбрать структуру управления. Система автоматизации состоит из системы управления и объекта управления. Под структурой управления понимается, на сколько частей она будет разделена, можно ли разделить на части объект управления, как будет осуществляться взаимодействие между объектом управления и пунктами управления, где они будут расположены. При работе отдельных угольных предприятий (например, шахты) удобнее воспользоваться централизованной или децентрализованной одноуровневой системой управления. В этом случае объект управления небольших размеров, вся информация о его работе попадает в центральный пункт управления (централизованная система) или в пункты управления 1, 2, 3 и т.д. (децентрализованная система управления). Однако часто предприятия угольной промышленности объединены в кластеры, и управление ими рациональнее осуществлять с помощью многоуровневой системы, построенной по иерархическому принципу. При этом периферические системы управляют отдельными составляющими объекта, а системы управления верхних уровней будут осуществлять функции диспетчеризации всех процессов управления объектом, а также всеми технологическими процессами.

Автономная роботизированная техника будет безусловно играть важную роль в будущем горнодобывающей промышленности. Самой безопасной станет та шахта, в которой не будет людей.

Список литературы:

1. Хазин М.Л. Роботизированная техника для добычи полезных ископаемых / Вестник МГТУ им. Г.И. Носова – 2020. – Т. 18. - № 1. – С. 4-15.

2. Тищенко И.В. Автоматизация и роботизация добычи твердых полезных ископаемых / И.В. Тищенко, Ю.В. Ванаг // ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ. – 2022. – Т. 2. - № 3. – С. 325-333.

3. Роботизация и цифровизация в горнодобывающей промышленности. БЕЛАЗ об инновационных решениях. [Электронный ресурс] https://www.belarus.by/ru/press-center/speeches-and-interviews/robotizatsija-i-tsifrovizatsija-v-gornodobyvajuschej-promyshlennosti-belaz-ob-innovatsionnyx-reshenijax_i_0000148173.html (дата обращения 12.07.2023).

4. Мобильные роботы на подземной добыче. – Золотодобыча. - № 222. – 2017. [Электронный ресурс]: <https://zolotodb.ru/article/11665> (дата обращения 28.08.2023 г.).