

В.Г. Ульянов, зав. лаб., **Б.И. Димант**, зам. гл. инж., **И.В. Зырянов**, зам. директора по научной работе, Институт "Якутнипроалмаз", **В.А. Пархоменко**, зам. гл. инж. по КИПиА, Нюрбинский ГОК, АК "АЛРОСА", г. Мирный, **И.Б. Табакман**, д-р техн. наук, проф., рег. менеджер "Wenco, Ltd", г. Ванкувер, Канада, **Д.П. Антоненко**, ген. директор, сервисный центр "Wenco International Mining Systems" по СНГ, г. Новосибирск

E-mail: latp@yna.alrosa-mir.ru

Автоматизация управления горно-транспортным комплексом на карьере "Нюрбинский" АК "АЛРОСА"

Внедрение в АК "АЛРОСА" на карьере "Нюрбинский" автоматизированной системы управления горно-транспортными работами повысило эффективность использования технологического транспорта. Возросла производительность горно-транспортного комплекса, снизились удельные эксплуатационные затраты, уменьшилась аварийность. Приведено описание отдельных компонентов технического обеспечения и функциональных модулей автоматизированной системы управления горно-транспортным комплексом. Отмечено, что внедрение системы позволило повысить оперативность принятия решений по управлению горным производством, а также эффективность использования техники, качество и безопасность горных работ.

Ключевые слова: автосамосвал, АСУ горно-транспортными работами, бортовые терминалы, система радиосвязи, режим реального времени, контроль, мониторинг, управление, загрузка, скорость движения, маршруты, динамические нагрузки, расход топлива, производительность, эффект. GPS, бортовой компьютер, информация, режим реального времени, диспетчеризация, мониторинг.

V.G. Ul'yanov, B.I. Dimant, I.V. Zyryanov, V.A. Parkhomenko, I.B. Tabakman, D.P. Antonenko

Automated Management System of Mining and Transport Complex of Nurbinsky Mine of "ALROSA Company"

Automated mine management system supplied by Wenco International was installed at Nurbinsky diamond mine. Article describes on-board computers, MESH communication system and mayor features such as real time data collection, automatic dispatching, equipment conditions and maintenance monitoring, speed and route control, reporting system and etc. The implementation of automated management system allowed increasing of shovels and trucks productivity on 8...12 %, decrease unit operating cost, improve safety of mining operations.

Keywords: dump truck, shovels, mine management system, on-board computer, Mesh radio communications system, real-time control, monitoring, dispatching, consumption, performance, effect, GPS, information.

Введение

В 2008 г. на карьере "Нюрбинский" (Нюрбинский ГОК) внедрена автоматизированная система управления горно-транспортными работами (АСУ ГТР), поставленная канадской компанией Wenco International Mining Systems. Карьер находится в зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород в Республике Саха (Якутия). Горно-транспортный комплекс оснащен в основном высокопроизводительной техникой фирмы "Caterpillar". Парк погрузочной техники представлен гидравлическими экскаваторами CAT-5130B, CAT-375 и CAT-325, погрузчиками CAT-992/988/980, а автомобильный транспорт — автосамосвалами CAT-777D/777F грузоподъемностью 91 т и автосамосвалами БелАЗ 754813. Вспомогательная техника включает бульдозеры D9R, грейдеры CAT-834C и ДЗ-98. На бурении взрывных сква-

жин используются станки ДМ-М2. В настоящее время АСУ ГТР на карьере "Нюрбинский" охватывает управление основным выемочно-погрузочным оборудованием и карьерными автосамосвалами. В сферу охвата АСУ включены Северный и Восточный отвалы, рудные склады и приемное отделение обогатительной фабрики № 16.

Принимая во внимание сложные горно-геологические и гидрогеологические условия алмазосодержащих трубок, холодный климат, удаленность от обжитых районов, масштаб и интенсивность, высокие темпы понижения горных работ, разнообразие применяемых моделей горного и транспортного оборудования с большими техническими возможностями — все это и предопределило необходимость повышения эффективности обработки кимберлитовых месторождений, в том числе и за счет внедрения АСУ ГТР.

АК "АЛРОСА" провела тендер и в результате предложила канадской компании Wenco International Mining Systems осуществить поставку и внедрение АСУ на карьере "Нюрбинский". При выборе системы был учтен положительный опыт использования с 2004 г. аналогичной системы на карьере "Юбилейный" Айхальского ГОКа. Система была изготовлена, поставлена фирмой и внедрена совместно со специалистами АК "АЛРОСА" в промышленную эксплуатацию в течение 6 месяцев*. В этот же период специалисты Wenco проводили обучение водителей автосамосвалов, машинистов экскаваторов и инженерно-технического персонала комбината. Специалисты фирмы Wenco также осуществляют сервисное сопровождение системы.

Структура и состав системы управления

Современные АСУ ГТР на открытых горных работах представляют собой программно-технический комплекс, который включает:

- бортовые технические средства, установленные на мобильном оборудовании;
- систему радиосвязи для передачи данных в режиме реального времени;
- компьютерное оборудование, включая серверы и рабочие станции пользователей;
- специальное программное обеспечение мониторинга и диспетчерского управления горно-транспортным оборудованием, ведения базы данных.

На борту каждой единицы мобильного оборудования установлен "Мобильный терминал данных" (МТД). Это комплект оборудования, включающий бортовой промышленный компьютер, монитор с сенсорным экраном, радиоприемник системы GPS для определения местоположения и перемещения мобильного оборудования, радиостанцию для приема и передачи технологической и распорядительной информации.

В АСУ ГТР карьера "Нюрбинский" компания Wenco реализовала новые технические решения (рис. 1, см. 3-ю стр. обложки) в инфраструктуре связи, бортовых компьютерах, системном и прикладном программном обеспечении. Ниже приводятся основные функционально-технические характеристики АСУ ГТР карьера "Нюрбинский".

Бортовое оборудование

На каждой единице мобильного оборудования установлен бортовой комплект (рис. 2), включающий бортовой компьютер Wenco—Ахон и монитор с сенсорным экраном. Такой комплект назван "Мобильным терминалом данных" (МТД). Комплект МТД является типовым оборудованием и один и тот же комплект установлен как на экскаваторах, так и на автосамосвалах, буровых станках, погрузчиках и т.д. Пе-

* Во внедрении системы принимали участие: В.Т. Мельник, С.С. Антикуз, А.В. Гришанович, С.А. Полькин, Д.Ю. Шуклин, Е.А. Удинцев, Н.М. Ханхасаева — от АК "АЛРОСА"; В.П. Беликов, А.А. Дунавин, К.С. Скибин, И.С. Якушев — от Wenco.



Рис. 2. Бортовой компьютер в кабине автосамосвала

резагружаемое из меню программное обеспечение настраивает комплект на конкретный тип горного или транспортного оборудования.

Бортовой компьютер Wenco нового поколения основан на стекowych модулях PC-104, что отражает современную тенденцию создания компьютеров в управлении технологическими процессами. Модули PC-104 обеспечивают высокую скорость работы и отлично приспособлены для работы в сильно загрязненной среде, в условиях частых ударов и вибраций. Имеется достаточное для АСУ ГТР количество последовательных портов для интерфейсов, а также портов для цифровых вводов/выводов, USB портов и портов Ethernet. В компьютер встроены 16-канальный приемник GPS, коммуникационная карта 2.4GHz для беспроводной связи Mesh, блок питания и др. Применена двойная изоляция от ударных нагрузок и виброизоляция, кроме того, конструкция является водо- и пылезащищенной.

В АСУ ГТР карьера "Нюрбинский" на мобильном оборудовании установлены особо прочные мониторы LCD TFT с цветным сенсорным экраном размером 8,4 дюйма.

Бортовое программное обеспечение включает встроенную операционную систему Embedded Windows XP и прикладное программное обеспечение Wenco, обрабатывающее всю бортовую информацию и осуществляющее обмен информацией между операторами оборудования и диспетчером. Оператор имеет возможность направлять текстовые сообщения диспетчеру и получать различные текстовые сообщения от диспетчера на бортовой монитор относительно горно-транспортного процесса, техники безопасности и пр. Это значительно поднимает на новый уровень организацию и управление горно-транспортным комплексом.

Инфраструктура беспроводной системы коммуникаций

В рамках поставки АСУ ГТР Wenco установила систему связи новейшей технологии — сеть MESH

Networks Enabled Architecture (MEA) (рис. 3, см. 4-ю стр. обложки). Беспроводная многоузловая ячеистая сеть MESH построена на широкополосной радиочастоте 2.4GHz. Мобильная сеть MESH легче решает вопросы изменения конфигурации, так как в других системах нужно большее количество стационарных точек доступа, а их перенос сопряжен с дополнительными затратами. Это самостоятельно адаптирующаяся беспроводная сеть для динамически изменяющихся горно-технических условий. Такая сеть наиболее полно обеспечивает надежную передачу информации с подвижных объектов при существенном увеличении их объема.

На Нюрбинском ГОКе установлено оборудование сети MESH компании Motorola: маршрутизаторы на Северном и Восточном отвалах и в карьере (всего 4), интеллектуальные точки доступа – на Восточном отвале и на борту карьера (всего 3), а вблизи обогатительной фабрики № 16 установлена коммуникационная мачта с оборудованием MESH и радиооборудованием Trango.

Функции АСУ ГТР

Функциональная схема АСУ ГТР представлена на рис. 4.

Структурные блоки АСУ обеспечивают выполнение следующих основных функций:

- автоматизация сбора и представления информации о местоположении и состоянии горного и транспортного оборудования для диспетчерского управления комплексом;
- автоматическая оптимальная диспетчеризация экскаваторно-автомобильного комплекса;
- управление полнотой загрузки автосамосвалов;
- контроль соблюдения маршрутов и скорости движения автосамосвалов;
- контроль отклонения технологического процесса от заданных параметров и режимов;

- мониторинг технического состояния и обслуживания оборудования;
- мониторинг эксплуатации шин;
- оперативный и накопительный учет работы оборудования и карьера в целом и др.

Автоматизация сбора и представления информации

Для получения информации в режиме реального времени о местоположении и состоянии горного и транспортного оборудования используются программные комплексы "Контроль оборудования" и "Отображение карьера", предназначенные для диспетчеров и сменных мастеров. Информация на экраны выводится в виде графиков, диаграмм и таблиц. На экране монитора "Контроль оборудования" (рис. 5) отображаются состояние экскаваторов, погрузчиков и перемещение автосамосвалов, движущийся на погрузку либо к пунктам разгрузки. Оперативный персонал также может получить сводки по текущей и накопительной производительности оборудования, темпов выполнения плана, объемы и типы вывезенной горной массы.

Также для оперативного визуального контроля местоположения оборудования в режиме реального времени в системе реализована "Карта карьера" (рис. 6). На мониторе компьютера с помощью программы MineVision динамически отображаются схемы дорог, расположение пунктов разгрузки, расположение и состояние горного и транспортного оборудования. Система также осуществляет контроль и сигнализацию при отклонении режимов от заданных. На основе такого мониторинга всех событий в карьере выявляются ситуации, вызывающие потери времени из-за непроизводительных действий, и диспетчер или начальник смены оперативно принимают необходимые решения.

Автоматическая диспетчеризация экскаваторно-автомобильного комплекса

В системе управления реализован алгоритм оптимальной диспетчеризации, выполняющей автоматиче-

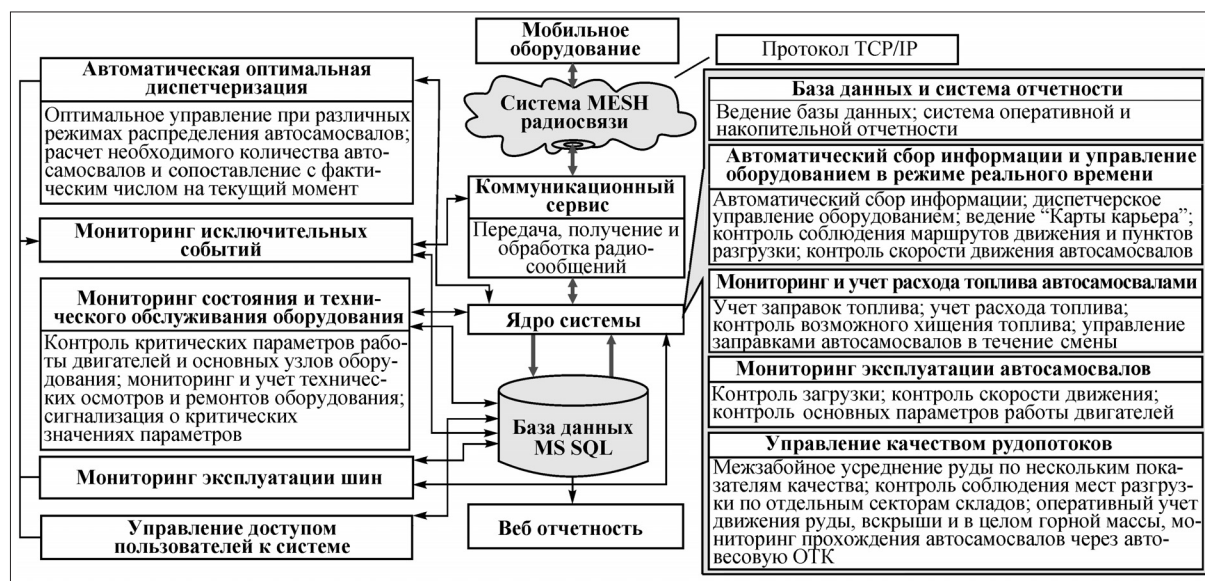


Рис. 4. Функциональная схема автоматизированной системы управления горно-транспортным комплексом

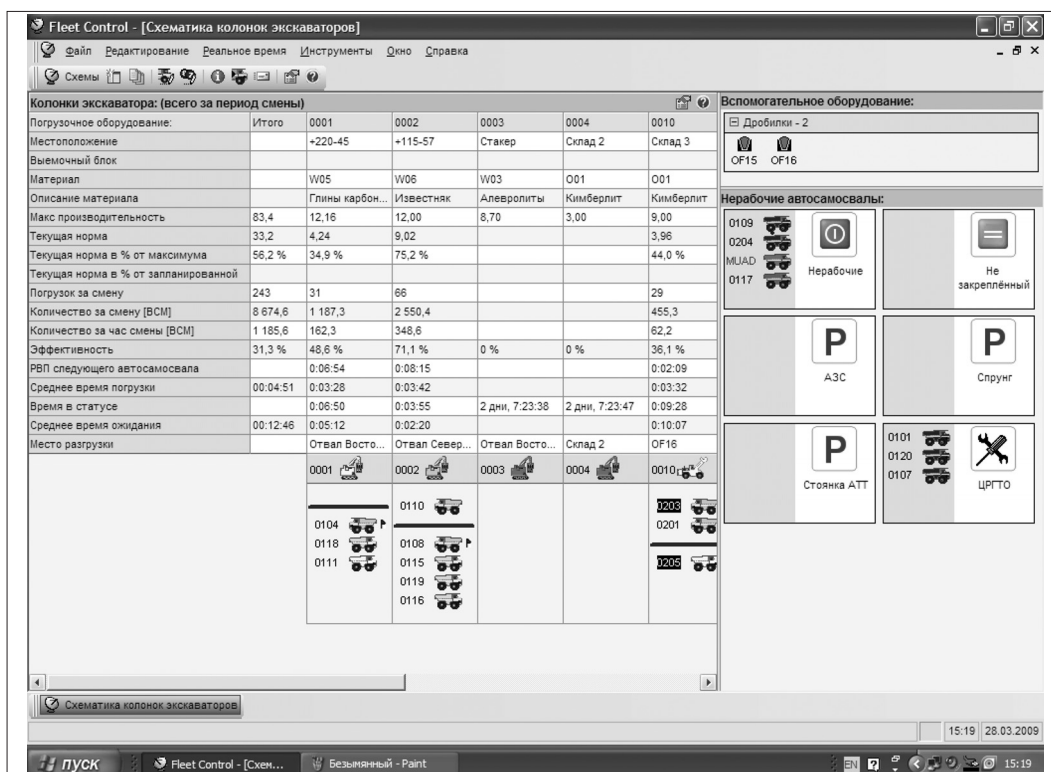


Рис. 5. Экран монитора "Контроль оборудования"

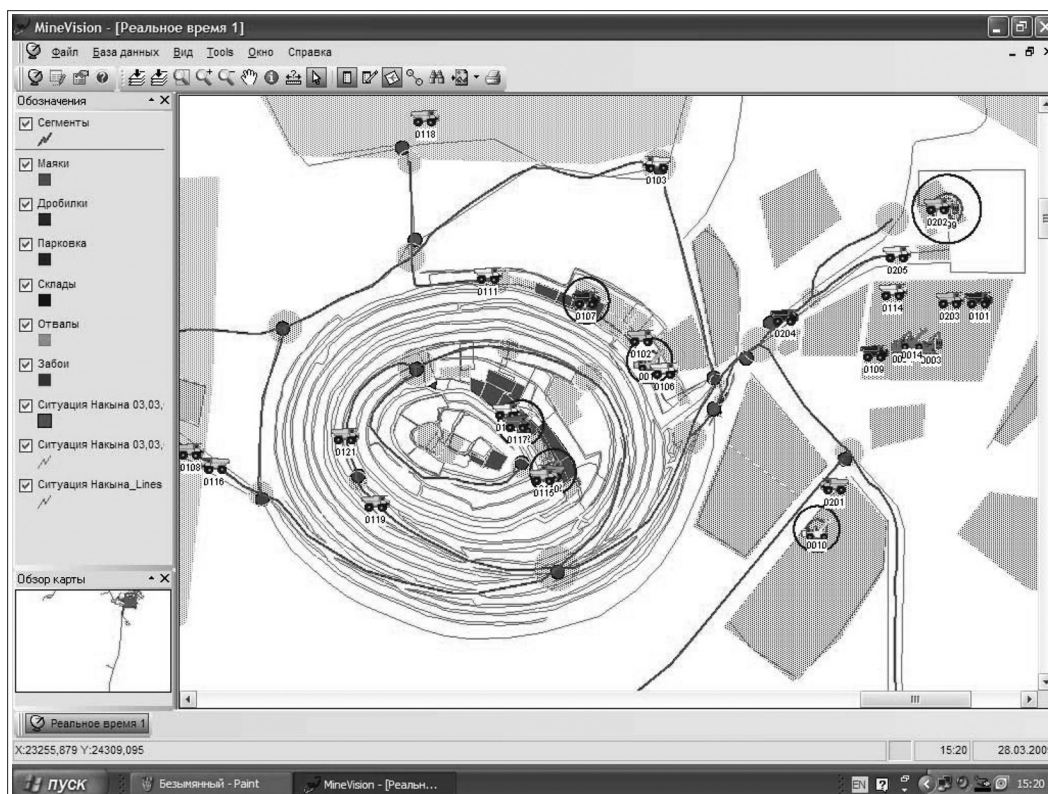


Рис. 6. Экран монитора "Карта карьера"

ское распределение автосамосвалов между экскаваторами по закрытому, открытому или комбинированному циклам.

При закрытом цикле автосамосвалы закрепляются за экскаваторами в течение смены, и диспетчер производит перезакрепление в случае изменения плана,

выхода из строя оборудования или образовании очередей на погрузку. При *открытом цикле* каждое новое распределение порожнему автосамосвалу определяет система. Для оптимизации решений в алгоритме управления прогнозируется ожидаемая ситуация для каждого экскаватора, а также просматриваются альтернативные варианты распределений с учетом прогнозируемого появления в рассматриваемой зоне карьера нескольких порожних автосамосвалов. *Комбинированный цикл* дает возможность диспетчеру сформировать "группы диспетчеризации" из конкретных автосамосвалов и экскаваторов, которые будут работать вместе. Внутри группы управление по распределению автосамосвалов осуществляется по открытому циклу.

Программный комплекс также рассчитывает, сколько автосамосвалов нужно иметь в каждой группе для достижения максимальной производительности с учетом текущей ситуации. На основе этой информации диспетчеры перераспределяют автосамосвалы из одной группы в другую. Использование автоматической диспетчеризации позволяет сократить время технологического цикла автосамосвалов и увеличить производительность комплекса в отдельные смены на 10...15 %, что достигается за счет снижения времени простоя в очереди и повышения скорости операций погрузки, повышения коэффициента загрузки самосвала, повышения среднетехнической скорости движения на маршруте.

Управление полной загрузки автосамосвалов

В целях контроля загрузки автосамосвалов в системе предусмотрены интерфейсы к системам измерения полезной нагрузки (TPMS) на автосамосвалах. В процессе погрузки информация о накопительном весе породы в загружаемом автосамосвале передается системой на дисплей МТД экскаватора. Таким образом, машинисты экскаваторов более быстро и оптимально грузят автосамосвалы. Повышается коэффициент загрузки, уменьшается вероятность перегруза или недогрузки машины.

Контроль соблюдения маршрутов и скорости движения

В систему вводится таблица — характеристика участков дорог с указанием предельной скорости движения по типам автосамосвалов с учетом состояния дорог, погодных условий, времени суток и др. Система ведет непрерывный контроль назначений и заданной скорости движения каждого автосамосвала. В случае отклонения от задания выводится сигнализация на монитор водителя и диспетчера. Все случаи нарушений протоколируются. Жесткий контроль режимов движения позволил уменьшить количество случаев превышения установленной скорости, повысить коэффициент готовности машин, снизить удельный расход топлива, повысить среднетехническую скорость, повысить безопасность движения.

Мониторинг технического состояния и обслуживания оборудования

Бортовой компьютер (МТД) опрашивает значения параметров самосвалов Caterpillar через систему VIMS

и передает в систему. Система выявляет отклонения параметров от заданных и выдает сообщения о нарушениях режимов. Программный комплекс учета технического обслуживания ведет учет выполнения технического обслуживания с момента начала простоя до завершения ремонта с отражением сведений о ремонтном персонале, видах работ, марок деталей и узлов, установленных во время обслуживания. Отдельный программный модуль ведет *мониторинг эксплуатации шин* в режиме реального времени, определяя их нагрузку (износ) с учетом загрузки самосвала, расстояния, скорости движения и состояния дорог. Комплекс мониторинга технического состояния позволил более рационально планировать техническое обслуживание парка машин, а также обеспечил возможность более строго контролировать соответствие вида и времени ремонта технологическим нормативам.

Интеграция со смежными системами

В процессе эксплуатации АСУ ГТР постоянно проводятся работы по расширению функций системы и ее интеграции с другими технологическими и производственными системами, действующими на предприятиях.

В 2008 г. фирмой Mettler Toledo на карьере была установлена платформенная система взвешивания автосамосвалов с отдельной базой данных и автономной системой определения номера автосамосвала на основе RFID меток. Так как встроенные штатные бортовые весовые системы автосамосвалов имеют достаточно большую погрешность, было принято решение интегрировать систему взвешивания в АСУ ГТР. Интеграция обеспечила сбор информации в единую базу данных и объединила систему отчетности. Это также позволило отказаться от эксплуатации системы определения номеров автосамосвалов на основе RFID меток. В результате интеграции АСУ ГТР автоматически определяет номер автосамосвала при его нахождении на весовой платформе, обновляет данные о весе порожнего самосвала и фиксирует вес перевозимой руды.

Важным шагом стала интеграция интерфейса АСУ ГТР с корпоративной информационной системой управления производством АК "АЛРОСА" "Феномен-2". Все производственные показатели автоматически передаются в информационную систему "Феномен-2", из которой попадают в единый диспетчерский отчет по компании, в ERP системы SAP R/3 и др.

Учет технологических и производственных показателей

Для оперативного и накопительного учета параметров и режимов технологического процесса предусмотрена система формирования отчетности, которая постоянно развивается и совершенствуется. В системах учета для Нюрбинского ГОКа разработано несколько десятков отчетов (рапортов, сводок, всего более 50), созданных с учетом специфики предприятия. Использование оперативной, актуальной и достоверной ин-

формации позволяет специалистам всех уровней управления горно-обогатительных комбинатов повышать эффективность деятельности предприятия.

Отчеты могут быть получены в формате HTML и циркулировать по корпоративной сети Компании или на защищенных веб-страницах. В связи с удаленностью производственной площадки от Управления Нюрбинского ГОКа (более 300 км) в НГОКе активно используется возможность получения отчетов через сеть Интернет.

Экономическая эффективность

Внедренная на карьере АСУ ГТР является многофункциональной и охватывает все основные процессы организации и управления горным, транспортным оборудованием и в целом работой карьера и автобазы технологического транспорта. Внедрение системы подняло на более высокий уровень организацию производства и управление горно-транспортным комплексом за счет повышения качества и оперативности получения информации, выявления нарушений, автоматизировало управление распределением самосвалов, что позволило повысить своевременность и обоснованность принятия решений по управлению процессами, повысить скорость и точность выполнения технологических операций.

Внедрение системы расширило состав и качество средств (инструментов) контроля и управления горно-транспортными работами. Использование технических и программных средств систем обеспечило возможность осуществлять централизованный, более оперативный и более строгий контроль над технологическими процессами. Диспетчеры все чаще используют возможность автоматического управления распределением самосвалов.

Оперативный инструментальный контроль дал возможность повысить технологическую и производственную дисциплину, улучшить организацию и безопасность работ. Это повысило эффективность выполнения технологических операций и привело к улучшению технологических параметров ведения работ.

В результате за период с 2008 по 2010 г. повысилась эффективность использования горной и транспортной техники:

- на 20...30 % снизилось время простоя автосамосвала у погрузочной техники. Чем больше парк самосвалов, тем больше проявляется эффект уменьшения времени простоев;
- на 2...3 % повысилась средняя загрузка самосвалов, снизился разброс объема загрузки, уменьшились случаи недогрузов и перегрузов самосвалов;
- на 8...10 % повысилась среднетехническая скорость движения самосвалов, уменьшились случаи превышения скорости движения машины на маршруте;
- на 3...4 % снизился удельный расход дизельного топлива за счет уменьшения простоев и повышения

равномерности движения автосамосвалов на маршруте;

- на 5...10 % снизилась аварийность техники за счет снижения уровня динамических нагрузок (повышение равномерности загрузки автосамосвалов, скорости движения и правил дорожного движения), снизилась трудоемкость ремонтов;

■ повысилась технологическая дисциплина (соблюдение скорости движения на маршруте, исполнения назначения маршрутов, соблюдения паспортов загрузки самосвалов, режима заправок и др.). Выросла и производственная дисциплина (исполнение заданий, режима труда, перерывов и окончания работы и др.);

■ улучшилось планирование и организация производства, повысилась безопасность горных и транспортных работ;

■ усилилась мотивация труда работников автобаз (повысился интерес к работе с более современной техникой, стремление к повышению квалификации и др.).

Улучшение технологических и производственных параметров управления привело к повышению производительности горно-транспортного комплекса, в том числе производительности технологического транспорта на 8...10 %. Повышение производительности, снижение затрат на ремонт и дизельное топливо снизили себестоимость добычи горной массы на 3...4 % и себестоимость ее транспортировки – на 4...6 %. Затраты на систему окупались менее чем за один год.

Широкий комплекс мер, проводившийся в течение двух лет на карьере "Нюрбинский" и автобазе технологического транспорта для повышения эффективности использования системы управления горно-транспортным комплексом, позволил оперативному и административному персоналу глубоко и всесторонне освоить богатые функциональные возможности системы.

Перспективы

В декабре 2010 г. АК "АЛРОСА" утвердила программу инновационного развития, которая предусматривает развитие систем управления, расширение объема и состава функций контроля, расширение охвата парка подвижной техники автоматизированным управлением. На следующей стадии расширения АСУ ГТР намечено внедрить высокоточное позиционирование экскаваторной выемки и высокоточную навигацию буровых станков, мониторинг параметров процесса бурения, комплекс контроля, управления проектированием и ведением буровзрывных работ, охват мониторингом работу вспомогательного оборудования, системы мониторинга устойчивости бортов, атмосферы карьера и другие программно-технические комплексы.