

УДК 622.648.620

А.А.КУЛЕШОВ

*Санкт-Петербургский государственный
горный институт (технический университет)*

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ РАБОТОЙ МОЩНЫХ ЭКСКАВАТОРНО-АВТОМОБИЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ НА КАРЬЕРАХ

В статье приведено описание современных систем диспетчеризации горно-транспортных комплексов на открытых горных работах, разработанных наиболее известными отечественными и зарубежными фирмами. Показана последовательность их реализации на предприятиях и эффективность. Приведены результаты исследования емкости рынка таких систем на период до 2015 г. и направления их совершенствования.

In this article the description of modern dispatch systems for mining-and-transport complexes at open pit mining developed by most popular Russian and foreign companies is given. The sequence of their application at plants and its efficiency are shown. The results of market capacity researches of such systems for the period to 2015 year and trends of their development are given.

Структура мощных экскаваторно-автомобильных комплексов формируется в настоящее время на базе экскаваторов-мехлопат с электрическим и гидравлическим приводом с ковшом вместимостью от 10 до 40 м³ и автосамосвалов с гидромеханической и электромеханической трансмиссией грузоподъемностью от 90 до 350 т. В перспективе – создание автосамосвалов грузоподъемностью 500-560 т.

Это чрезвычайно дорогое оборудование, с высокой стоимостью эксплуатации, поэтому весьма актуальна задача повышения эффективности его работы, обеспечения высокой надежности и расчетного ресурса.

Для реализации этой задачи в последние 10 лет ведутся интенсивные поиски технических решений, результатом которых явилось создание автоматизированных систем диспетчеризации и автоматизации производства с использованием самых совер-

шенных методов сбора и передачи информации о состоянии машины (средства диагностики), учета и контроля работы. Большинство этих систем использует спутниковую навигацию (GPS). Предполагается, что с 2009 г. все подобные системы, разработанные в России, будут переведены с американской системы GPS (система глобального позиционирования) на отечественную «ГЛОНАСС», которая более точно определяет координаты движущегося объекта.

Системы диспетчеризации и автоматизации работы горно-транспортных комплексов сначала появились в США (компания «Modular»), Канаде («Wenco»), Австралии (MicroMine) и уже потом в России.

На российском рынке ведущими компаниями по разработке систем диспетчеризации на горных предприятиях являются ЗАО «ВИСТ Групп», ЗАО «Союзтехноком» и ЗАО «Промтех». Две первые работают по

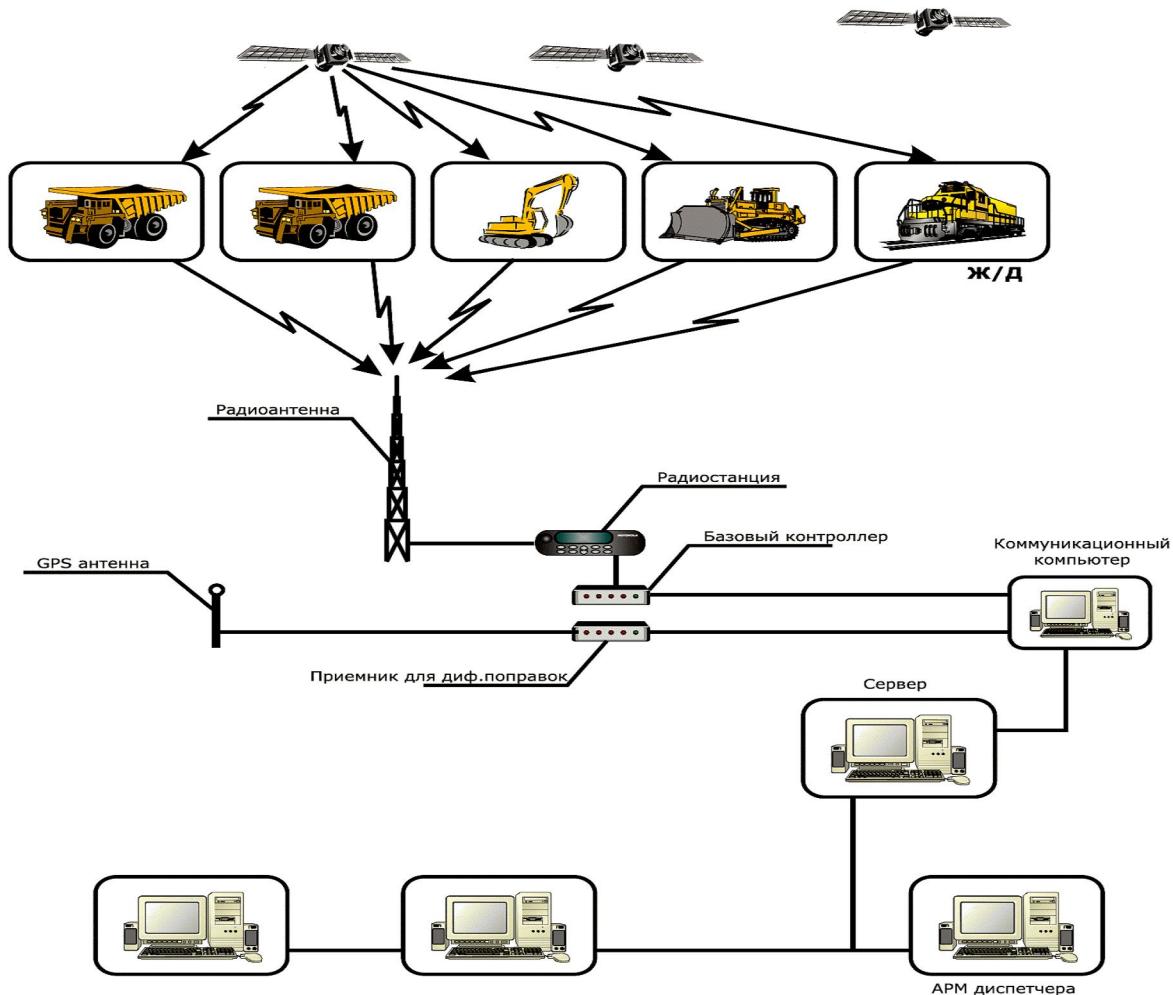


Рис.1. Общая схема системы диспетчеризации «Карьер»

диспетчеризации ГТК на открытых горных работах, а последняя специализируется на ГТК для подземных работ, автоматизации обогатительных фабрик и других промышленных производств.

Наибольший удельный вес на отечественном рынке имеют разработки компаний «ВИСТ Групп» (система «Карьер»), компания работает в этой сфере с 1996 г. Общая схема системы диспетчеризации «Карьер» показана на рис.1.

Система «Карьер» представляет собой информационную систему, которая с помощью каналов передачи информации связывает между собой источники (датчики местоположения, скорости, технического и эксплуатационного состояния мобильного объекта и его отдельных узлов и агрегатов).

и потребителей информации (диспетчерский центр предприятия). Данная схема является общей и может видоизменяться в зависимости от конкретных задач предприятия, внедряющего систему.

На первых объектах внедрения система «Карьер» решала задачи мониторинга большегрузных автосамосвалов, т.е. слежения в режиме реального времени за состоянием самосвала (загрузкой, расходом топлива, скоростью, местоположением), учета соответствующих параметров, а также простоев и нарушений технологических режимов эксплуатации самосвала. На сегодняшний день эта система действует на рудных карьерах и угольных разрезах России (ЗАО «Черниговец», ОАО «Южный Кузбасс», Магнитогорский металлургический комбинат).

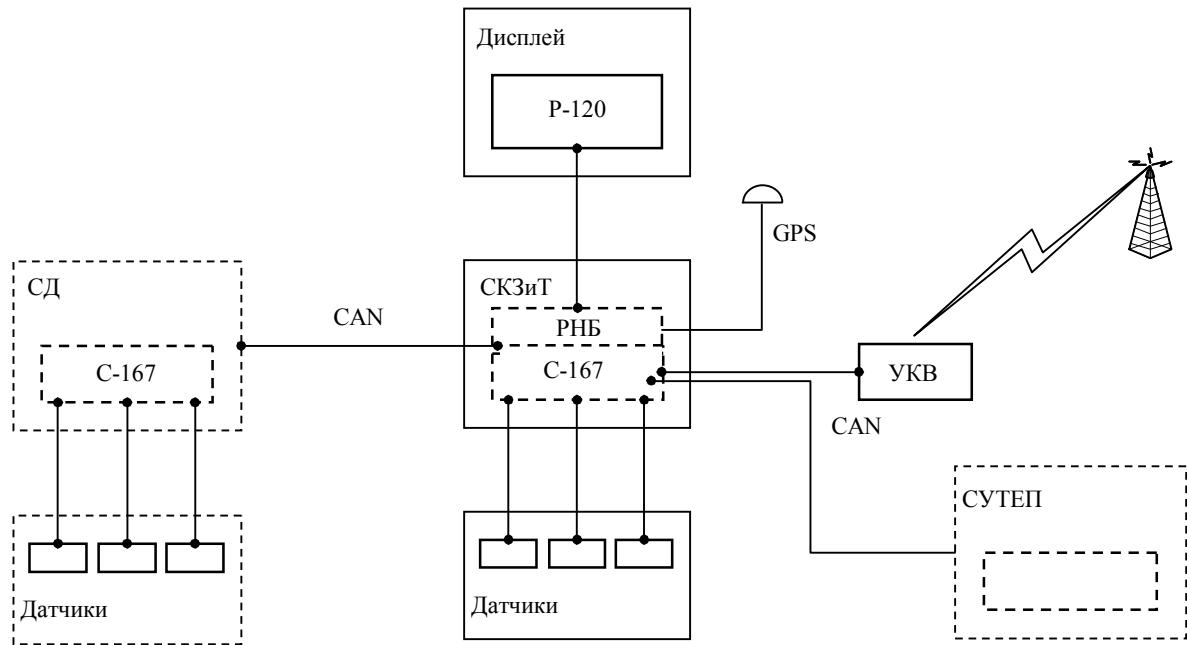


Рис.2. Интеграция бортовых электронных систем контроля и диагностики автосамосвала БелАЗ

нат и др.), Украины (ОАО «Ингулецкий ГОК», ОАО «Полтавский ГОК» и др.) и Монголии (СП «ЭРДЭНЭТ»)*.

Один из компонентов системы «Карьер» – система контроля загрузки и топлива (СКЗиТ), устанавливаемая на автосамосвалы непосредственно на заводе «БелАЗ». Основные ее задачи – измерение массы перевозимого груза, оповещение машиниста экскаватора о загрузке автосамосвала (с помощью фонарей шкалы загрузки), автоматический сбор и хранение в журнале регистрации данных о каждом рейсе (дата, время загрузки, масса, пробег, объем грузоперевозки и т.п.), а также вывод информации на панель индикации. СКЗиТ интегрируется с другими бортовыми электронными системами управления и контроля состояния автосамосвала (рис.2). В первую очередь это относится к системе управления тяговым электроприводом, а также системам диагностики основных узлов и агрегатов самосвала (контроль давления в шинах и т.п.).

Такая интеграция позволяет качественно усовершенствовать алгоритмы работы систем по сравнению с их автономным функционированием. Например, для более точного управления работой тяговым электроприводом необходима информация о загрузке автосамосвала и уклоне дороги при его движении, которая передается от СКЗиТ непосредственно в систему управления тяговым электроприводом (СУТЭП). Передача данных осуществляется по CAN-интерфейсу, которым оснащены бортовые контроллеры.

Большое значение для пользователей системы имеет расширение функциональных возможностей программного обеспечения диспетчерского центра, которое осуществляется за счет постоянного наращивания числа специализированных автоматизированных рабочих мест, происходящее при расширении круга пользователей системы (функциональных служб горного предприятия) при переходе к полномасштабному управлению горнотранспортным комплексом. На рис.3 представлена структура диспетчерского центра. Данная схема отражает взаимосвязь основных компонентов ДЦ: автоматизированных рабочих мест (АРМ) пользователей, сервера базы данных и оборудования радиоцентра.

* Владимиров Д.Я. Система управления горнотранспортным комплексом «Карьер»: основные направления модернизации и развития / Д.Я.Владимиров, А.Ф.Клебанов // Горное оборудование и электромеханика. 2006. № 8.

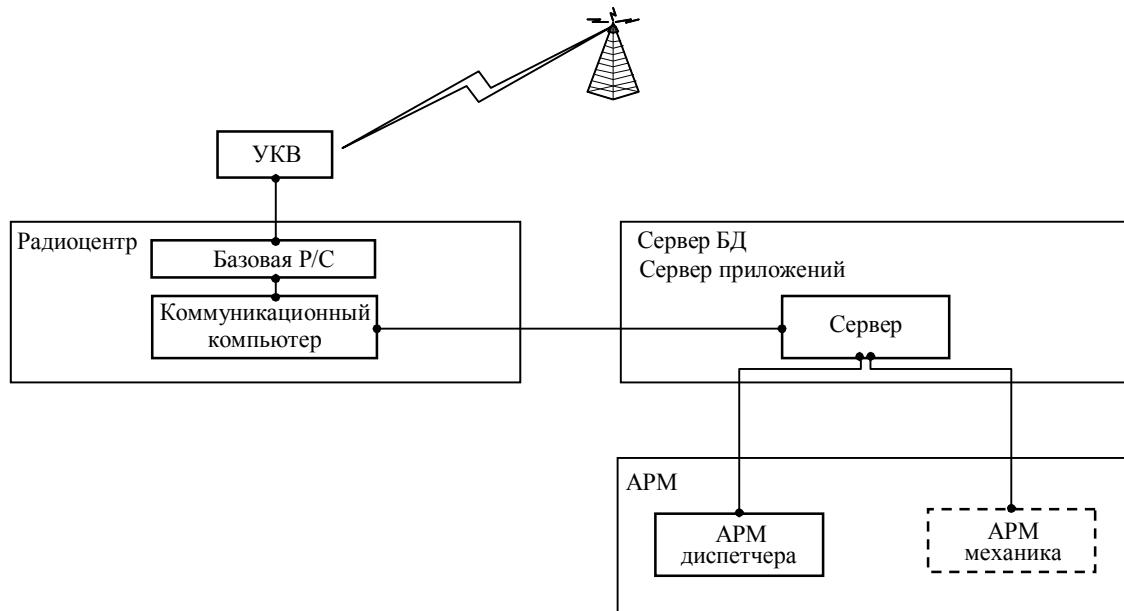


Рис.3. Структура диспетчерского центра

Вовлечение в систему новых пользователей, охватывающих практически все организационно-технические службы предприятия, невозможно без постоянного развития гибкости системы, повышения ее функциональности и удобства работы, что реализуется благодаря специальной многокомпонентной структуре программного обеспечения и применения новых технологий программирования.

Программное обеспечение позволяет решать следующие задачи:

- работа с базой данных системы;
- оперативное управление карьером (мониторинг, выдача и изменение сменного задания, связь с мобильными объектами);
- автоматическая и/или автоматизированная оптимизация грузопотоков в карьере, решение задачи усреднения качества;
- анализ обработанной информации (результатирующих данных, рейсов, простоев, повышений скорости);
- создание и печать рапортов за различные отчетные периоды.

Система диспетчеризации «Карьер» позволяет не только выполнять полный мониторинг показателей работы карьерных автосамосвалов за смену (сутки, месяц, год), но и управлять грузопотоками в карьере. С заданной дискретностью измеряются перево-

зимая горная масса (с погрешностью $\pm 3\%$), скорость движения самосвала в груженом и порожняковом направлениях, расход топлива по изменению его уровня в баке (с погрешностью $\pm 3\%$). Итоги работы за смену отражаются в диспетчерском рапорте, содержащем следующие данные: номер самосвала; время прибытия под погрузку; время начала погрузки; экскаватор; время прибытия к пункту разгрузки; время начала разгрузки; время окончания разгрузки; пункт разгрузки; перевезенная масса; пройденное расстояние; средняя скорость.

Наличие в системе датчиков контроля загрузки позволяет решать очень важную задачу – нормализации процесса экскаваторной загрузки, предупреждая таким образом как недогруз, так и перегруз самосвалов.

Система диспетчеризации позволяет перейти от мониторинга работы карьерных автосамосвалов к оперативному управлению горными работами путем оптимизации грузопотоков в карьере в целях: усреднения качества руды; увеличения массы вывезенного груза за определенный временной период; уменьшения общего пробега самосвалов; нормализации экскаваторной загрузки самосвалов; уменьшения времени простоев экскаваторов и автосамосвалов.

Положительный эффект от внедрения системы достигается за счет ряда факторов, среди которых:

- усиление личной заинтересованности и ответственности водителей;
- возможность оперативного контроля и управления работой карьера;
- повышение общей эффективности производства за счет создания мощной информационной базы.

Система диспетчеризации горнотранспортного комплекса «Карьер» используется на предприятиях России, Украины, Казахстана и Монголии. Число пользователей постоянно растет. Это стало возможным благодаря ее высокой эффективности, сравнительно короткому периоду окупаемости (1,5-2 года), а также технической готовности к ее внедрению всех горных предприятий, использующих в своей работе автосамосвалы Белорусского автомобильного завода.

Дальнейшее развитие системы направлено на создание на горном предприятии полнофункциональной системы управления горнотранспортным комплексом. Модернизация системы осуществляется по трем основным направлениям:

- развитие бортового оборудования горнотранспортного комплекса;
- развитие программного обеспечения диспетчерского центра;
- развитие средств организации передачи данных в диспетчерский центр.

Направление развития бортового оборудования связано, в первую очередь, с желанием пользователей и потенциальных заказчиков расширить номенклатуру транспортных средств, включенных в состав системы. По автосамосвалам это подразумевает дальнейшее развитие СКЗиТ для 30-45-тонных БелАЗов и переход к оснащению данного класса машин непосредственно на заводе, а также отработку взаимодействия систем СКЗиТ с бортовыми комплексами автосамосвалов «Komatsu» и «Caterpillar».

Кроме этого, развитие бортовых электронных систем автосамосвала «БелАЗ» идет в настоящее время по пути интеграции автономных систем контроля, управления и диагностики автосамосвала, и компания

«ВИСТ Групп» как разработчик СКЗиТ и СУТЭП также вовлечена в процесс модернизации этих систем. Элементы такой интегрированной системы были продемонстрированы в 2004 г. в ПО «БелАЗ» на совещании его потребителей. В рамках этой демонстрации информация с борта самосвала «БелАЗ75131» от систем СКЗиТ и СУТЭП передавалась в диспетчерский центр и распределялась далее по рабочим местам горного диспетчера и механика. В настоящее время отработано также взаимодействие системы с диагностической системой двигателя «Cummins», теперь информация о состоянии двигателя может быть передана в диспетчерский центр наряду с информацией о загрузке, уровне топлива, давлении в шинах.

Совершенствование систем контроля, управления и диагностики подразумевает постоянное развитие средств измерения. В настоящее время проводятся испытания новых датчиков расхода топлива, нагрузки, частоты вращения коленчатого вала двигателя и целого ряда других датчиков, которые могут быть применены в том числе и для установки на бульдозеры, экскаваторы, локомотивы, погрузчики и другие транспортные средства.

Компания ЗАО «Союзтехноком» образована в 2001 г. Основными предметами ее деятельности являются:

- разработка, производство, ремонт и сервисное обслуживание программно-технических комплексов, автоматизированного проектирования;
- внедрение новых современных технологий, машин и оборудования, коммерческих технологических идей для различных отраслей промышленности;
- производство приборов для механизации и автоматизации инженерного и управленческого труда;
- приборостроение (включая автомобильную промышленность).

Предлагаемая компанией система диспетчеризации ГТК основана на самых современных средствах программного обеспечения и использовании, как и все подобные системы, спутниковой навигации (GPS).

Система обеспечивает в режиме *on line* автоматический контроль использования автосамосвалов, регистрацию простоев, сигнализацию несанкционированного слива топлива, оценку качества технологических дорог и погрузочно-разгрузочных площадок на маршрутах следования. В течение рабочей смены в режиме реального времени фиксируются перемещения автосамосвала с грузом и без груза, загрузка, разгрузка, простои с указанием причин, возникновение неисправностей.

В автоматическом режиме регистрируются рабочее время водителя, пробег автосамосвала и моточасы наработки двигателя, взвешивается перевозимый груз, измеряется расход топлива, осуществляется прием-сдача рабочих смен, формируются сменные отчеты в принятой на предприятии системе учета. Система обеспечивает автоматический контроль работы экскаваторов и мониторинг энергопотребления. Система обеспечивает электронную защиту технологической информации и регламентирует доступ персонала к управлению горными работами.

ЗАО НПО «Союзтехноком» как разработчик и поставщик принимает на себя га-

рантийное и постгарантийное обслуживание внедряемой системы.

На рис.4 приведена структура системы и ее возможности.

Основной системой диспетчеризации ГТК стал созданный специалистами ЗАО «Союзтехноком» многофункциональный модуль автоматизированного управления производством (МАУП) (рис.5).

МАУП имеет разветвленную структуру технологических постов и позволяет компоновать любые схемы управления от автоматизированного контрольного пункта до систем диспетчеризации технологического транспорта и комплексного управления производственным процессом в режиме двухсторонней телеметрической связи.

Ключевую позицию в организации МАУП занимает бортовой вычислитель – устройство управления и контроля транспортных средств, совмещающее функции контроля, диагностики, автономного сбора, обработки и хранения технологической информации с позиционированием зон выполнения технологических операций.

Несомненным достоинством системы «Союзтехноком» является надежное всесто-

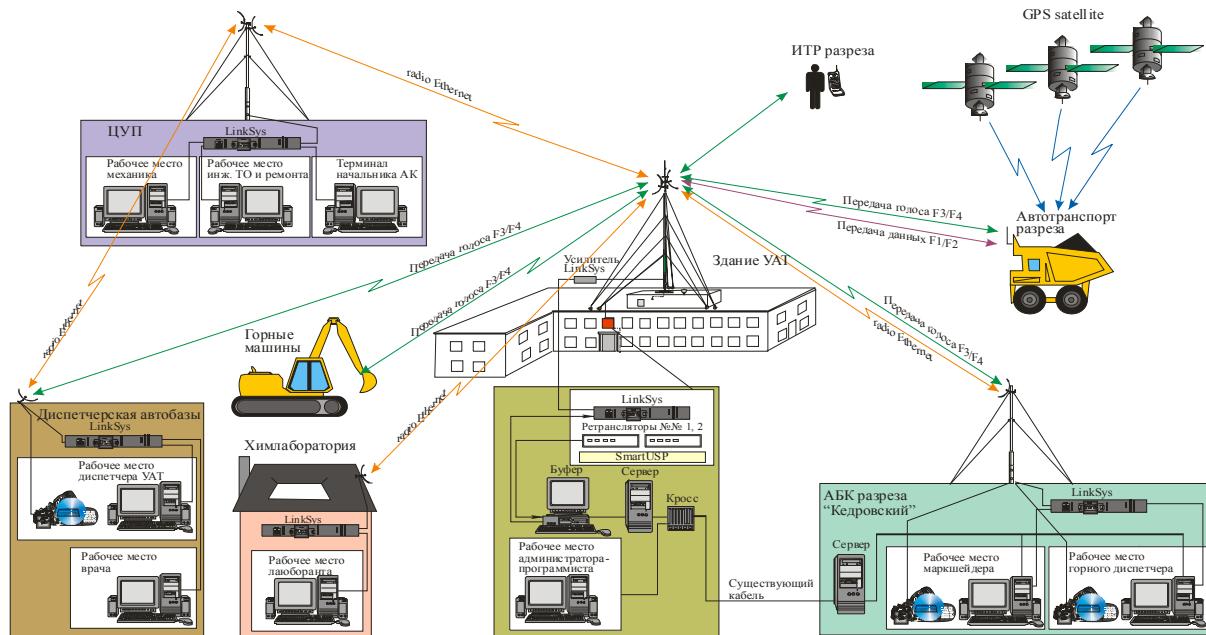


Рис.4. Система управления производством



Рис.5. Структура многофункционального модуля автоматизированного управления производством

роннее обеспечение контроля текущего состояния различных узлов и элементов конструкции самосвала. Например, пост ТО и диагностики автоматизированного рабочего места (АРМ) лаборатории ГСМ позволяет прогнозировать неисправность машины, составлять оптимальные графики ТО. В АРМ сменного механика осуществляется контроль технических параметров автосамосвала, оценивается состояние технологического транспорта, составляется диаграмма неисправностей машин и производится их регистрация. Производится также идентификация неисправного узла. В результате накапливается справочная информация для заказа запасных частей. Разработаны и внедрены диагностическая аппаратура и стенды.

Система выдает полную информацию о работе автосамосвала на линии за смену – перевезенной горной массе, числе рейсов, пробеге с грузом и порожняком, расходе топлива, простоях и пр. Фиксируются все элементы рабочего цикла – время погрузки, движения с грузом, разгрузки, движения по-

рожняком. С помощью инструментальных средств фиксируется, а затем анализируется профиль кузовных дорог, их качество. Таким образом, в результате складывается полная картина использования автосамосвалов и эффективности работы автотранспорта. В качестве промежуточных документов дается распечатка отчета о простоях за смену, почасовая регистрация выполненных рейсов, объемов перевезенного груза, диаграмма загрузки самосвала, в которой фиксируется средняя его загрузка за рейс и указывается коэффициент перегрузки в процентах.

Следует отметить, что практически все датчики, используемые в системе, компания «Союзтехноком» изготавливает на собственном опытном производстве. Система диспетчеризации «Союзтехнокома» внедрена на некоторых угольных разрезах Кузбасса.

Компания «Modular Mining Systems» была основана в 1997 г. и стала мировым лидером в технологиях управления процессами добычи и переработки полезных иско-

паемых. Она внедрила свои разработки более чем на 130 горно-добывающих и других предприятиях.

Штаб-квартира «Modular» находится в Тусоне, штат Аризона, США. «Modular» использует услуги заводов-подрядчиков для производства основных системных компонентов. Каждый поставщик прошел строгую проверку на соответствие и имеет сертификат ISO 9001. Международная сеть «Modular» обеспечивает поддержку своих клиентов 24 часа в сутки, 365 дней в году.

Система объединяет новейшие технологии высокоточного позиционирования (GPS), мониторинга ключевых показателей и безопасности. Система IntelliMine®, включающая DISPATCH®, выполняет для этой передовой технологии роль системы управления в реальном времени. Автоматически управляемые автосамосвалы являются следующим, логически обоснованным и важным шагом к увеличению эффективности и уменьшению издержек.

«Modular» разработала интегрированный набор подсистем IntelliMine® для использования точности GPS полной мере. Системы ProVision® используют высокоточные технологии GPS, информацию программных пакетов для рудников, беспроводные радиосети и цветные графические консоли(CGC) для обеспечения непрерывного потока высокоуровневой информации и передачи данных между операциями и планированием в текущих проектах и рабочей средой в реальном времени. Системы ProVision® доступны для установки на экскаваторах, погрузчиках, самосвалах, локомотивах, бульдозерах.

Система управления карьерами IntelliMine® максимизирует производительность путем объединения процессов оптимизации транспортных задач, высокоточных GPS приложений, web-отчетов и новейших сетей радиосвязи с широким диапазоном MasterLink®. Эффективные инструменты управления отчетами и обслуживание органично встроены в систему для предоставления информации по ключевому оборудованию.

Для реализации системы на горном предприятии поэтапно выполняется сле-

дующая работа: аудит системы; инженерный анализ; анализ производительности; корпоративный сравнительный анализ.

Аудит системы является начальным этапом. Он представляет собой обзор целостности данных, конфигураций и использования аппаратного и программного обеспечения. В нем основное внимание уделяется общим настройкам в диспетчерской или офисе, управлению базами данных, использованию и конфигурации системы DISPATCH®, использованию других инструментов IntelliMine®, а также средствам управления и отчетам.

В результате аудита управленческий и диспетчерский персонал имеет лучшее понимание системы в целом и ее связь с процессами добычи. Улучшается целостность данных и точность отчетов. Выделяется потребность в обучении персонала правилам функционирования системы.

Инженерный анализ – это систематический анализ процессов управления и добычи на рудниках. Он основан на системном аудите и дальнейшем анализе полученных данных, управления и отчетности. Результатом анализа является лучшее понимание оперативных и управленческих факторов, которые влияют на производительность рудника. Для тестирования, проверки, количественных измерений и генерации советов по управлению используются симуляции, т.е. искусственно созданные ситуации.

Главным преимуществом инженерного анализа является определение возможностей для увеличения производительности рудника посредством управления и анализа рекомендованных процессов работы.

Анализ производительности – это систематический контроль производительности и эффективности оборудования с использованием стандартных метрик. Выявляется оборудование, не работающее на полную мощность, после чего производится анализ результатов. Для получения наиболее полной информации о доступности, состоянии и производительности оборудования используется система ключевых показателей. Рекомендуются новые показатели для конкретных рудников. Определяются и назначаются параметры отчетности для дальнейших исследований.

В результате анализа производительности могут быть выявлены конкретные шаги, ведущие к получению быстрых и постоянных экономических результатов. Перед проведением анализа производительности необходимо провести системный аудит.

Корпоративный сравнительный анализ. Из анализа производительности, проведенного на нескольких рудниках компании, создается детальный анализ ключевых показателей эффективности использования оборудования (доступности, состояния, производительности) для всех рудников компании. Таким образом можно определить и выделить в масштабе всей системы возможные действия по увеличению производительности. Это предоставляет мощный инструмент планирования и управления изменениями в работе.

Возможности и особенности системы диспетчеризации ГТК данной компании прослежены на примере инновационного проекта, выполненного в 2006 г. для ОАО «Апатит».

«Modular» предлагает шестиэтапный подход к внедрению системы управления:

этап 1 – Управление парком самосвалов и экскаваторов в реальном времени;

этап 2 – Оптимизация бурения;

этап 3 – Оптимизация взрывных работ;

этап 4 – Экскаваторы с GPS высокой точности (до 1 см);

этап 5 – Управление и оптимизация вспомогательного оборудования;

этап 6 – Оптимизация техобслуживания на руднике и мониторинг состояния оборудования.

При внедрении подобных систем предприятия концентрируются на получении прибыли через сокращение затрат. В конечном счете они обнаруживают что потенциальная прибыль, доступная при этом методе, ограничена полными производственными затратами на конкретном предприятии, и максимальное воздействие достигается очень быстро.

После достижения этого максимума поиск дальнейшего улучшения идет через увеличение производительности и объема

производства или увеличения цен на металл, но этим часто трудно управлять. Именно в этом случае прогрессивные предприятия склоняются к использованию информационных технологий как средства получения прибыли выше пределов, достигаемых через сокращение затрат и применение стандартных методов повышения производительности.

Структурная схема и функциональная назначение системы «Modular» мало отличаются от приведенных выше. В настоящее время она реализуется для диспетчеризации ГТК в ОАО «Карельский окатыш». Подана заявка на участие в тендере в ОАО «Ковдорский ГОК».

Из других подобных систем можно назвать систему «Wenco» (Канада) и «Micromine» (Австралия), которые работают на рынке стран СНГ. Первая из них внедрила разработки на алмазодобывающих карьерах АК «АЛРОСА» и претендует на внедрение в ОАО «Ковдорский ГОК».

Для более эффективной работы отечественных компаний в этой сфере необходима их интеграция в одну мощную компанию. Нами ведется определенная работа в этом направлении, уже сделаны реальные шаги по «объединению» ЗАО «ВИСТ Групп» и ЗАО «Союзтехноком».

Для определения стратегии развития систем диспетчеризации на горных предприятиях России в СПГГИ выполнены исследования емкости рынка таких систем. По нашим оценкам, в период до 2015 г. можно будет внедрить 70-80 систем диспетчеризации горно-транспортных комплексов*.

Одной из наиболее важных задач, требующих быстрейшего решения, является разработка регламента использования информации, получаемой от системы диспетчеризации, в которой должно быть прописано, кому предназначена та или иная информация, кто ее должен использовать и кто

* Кулешов А.А. Перспективы развития минерально-сырьевой базы России и оценка рынка систем диспетчеризации горно-транспортных комплексов // Горное оборудование и электромеханика. 2007. №3.

несет ответственность за это использование. Короче говоря, информация должна находить своего адресата на различных уровнях служебной иерархии предприятия.

Полагаем, что такой регламент должен входить составной частью в проект системы диспетчеризации и корректироваться по местным условиям в процессе ее эксплуатации.

Таким образом, можно констатировать, что в начале XXI в. мощные экскаваторно-автомобильные комплексы уже управляются самыми современными системами диспетчеризации, которые, несомненно, будут постоянно развиваться и совершенствоваться, что повысит эффективность их использования.