

УДК 681.5:656:622

## ВНЕДРЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ГОРНОТРАНСПОРТНЫМ КОМПЛЕКСОМ



О. И. СОРОКИН,  
начальник управления  
коммуникаций и средств связи



А. А. ШОКОВ,  
зам. начальника  
производственно-аналитического  
управления – начальник отдела,  
shokov\_a\_a@lebgok.ru

АО «Лебединский ГОК», Губкин, Россия

### Введение

АО «Лебединский ГОК» является крупнейшим предприятием России по производству железорудной продукции: концентрата, окатышей, горячбрикетированного железа.

Один из факторов успеха деятельности современного предприятия – использование средств автоматизированного контроля и управления. На Лебединском ГОКе специалистами комбината разработана, внедрена и успешно функционирует информационно-аналитическая система управления производством. Она позволяет в режиме реального времени управлять ходом всего технологического процесса, начиная от погрузки горной массы в карьере и заканчивая отгрузкой готовой продукции, оценивать состояние и работу оборудования на всех переделах производства. Формируемые в системе данные используются для оперативного принятия управленческих решений.

Важнейшей составной частью данной общей системы является информационная система (подсистема) «Учет работы горнотранспортного комплекса». Первые модули ее были разработаны в 2001 г. Система постоянно развивается, наращивается ее функционал. В информационной системе формируется большой объем оперативной информации о работе и состоянии всего горнотранспортного комплекса (буровых станков, экскаваторов, самосвалов, тяговых агрегатов, оборудовании гидровскрышных работ, средств хозяйственного транспорта). В системе ведется оперативный учет движения горной массы в карьере (автоматический расчет остатков объема и качества руды на перегрузочных площадках, расчет качества отгруженной руды), анализируется ход выполнения сменного задания и недельно-суточного плана, формируются отчеты в виде графиков и диаграмм, отражающих работу всего горнотранспортного комплекса за любой период (смена, сутки, месяц). При совершенствовании системы учиты-

Освещены технические и организационные аспекты внедрения АСУ ГТК на Лебединском ГОКе, показаны результаты внедрения.

**Ключевые слова:** автоматизация, система управления, карьер, горнотранспортный комплекс, экскаватор, самосвал, производительность оборудования.

**DOI:** 10.17580/gzh.2017.05.20

вался опыт автоматизации управления горнотранспортными работами на отечественных и зарубежных карьерах [1–14].

### Автоматизированная система управления горнотранспортным комплексом Лебединского ГОКа

Для повышения оперативности управления горнотранспортными работами в карьере потребовалось внедрение современных технических средств диспетчерского управления, регистрации и сбора данных. Очередным шагом в развитии этих средств стало внедрение автоматизированной системы управления горнотранспортным комплексом (АСУ ГТК) Dispatch компании Modular Mining Systems [15].

Основная цель внедрения системы состоит в повышении производительности большегрузных самосвалов за счет автоматизации направления их под погрузку, на заправку и на перемену. Это достигается в результате перехода на автоматизированное управление перевозками горной массы автотранспортом, контроля количества топлива и давления в шинах по каждому самосвалу, инструментальной оценки качества дорог в карьере. АСУ ГТК позволила сократить простои оборудования, снизить затраты и повысить эффективность работы горнотранспортного комплекса в целом.

Автоматическая адресация маршрутов самосвалов базируется на математическом расчете оптимальных грузопотоков согласно производственным задачам. На основании этого расчета система выдает задания для каждой единицы техники и контролирует их выполнение. Например, система в режиме реального времени, используя заложенные алгоритмы оптимизации, после каждой разгрузки самосвала автоматически определяет конкретный экскаватор, к которому необходимо подать освободившуюся машину. На принятие решения об оптимальном распределении автотранспорта влияют множество данных: дорожная сеть карьера, включая объекты, высоты, перекрестки и расстояния; время движения между экскаваторами, складами, отвалами и контрольными точками; время загрузки и разгрузки самосвалов; информация о сортах материала, блоках в забоях и требования по смешиванию;

Рис. 1. Состав бортового оборудования



техническая готовность самосвалов и экскаваторов; различные ограничения (приоритеты экскаваторов, емкость мест разгрузки, грузоподъемность самосвалов и др.).

В структурном отношении АСУ ГТК состоит из четырех блоков: мобильных объектов в карьере (экскаваторы, самосвалы),

беспроводной сети передачи данных, серверов системы, рабочих мест пользователей (в том числе диспетчера горнотранспортного комплекса).

Каждый мобильный объект оборудован бортовым компьютером с дисплеем, приемником GPS и радиомодемом с антенной для связи с центральным сервером системы (рис. 1). На самосвалах установлены упомянутые выше средства контроля.

Главное звено АСУ ГТК – рабочее место диспетчера. Для комфортной и продуктивной его работы система предлагает несколько интерфейсов.

Экран «Маршруты транспорта» (рис. 2) – главный интерфейс для диспетчера системы. Это графический дисплей, работающий в режиме реального времени и позволяющий непрерывно контролировать положение дел и процесс выполнения задания основным оборудованием. На этом экране диспетчер осуществляет основные операции по управлению системой, такие, как определение степени использования экскаваторов, открытие или закрытие мест разгрузки, изменение статуса объектов и т. д. Экран «Маршруты транспорта» состоит из нескольких областей, в которых схематично представлено движение транспорта от мест погрузки к местам разгрузки и обратно, очереди самосвалов под погрузку, количество транспорта на каждом месте разгрузки, заправочных станциях и в местах пересмены.

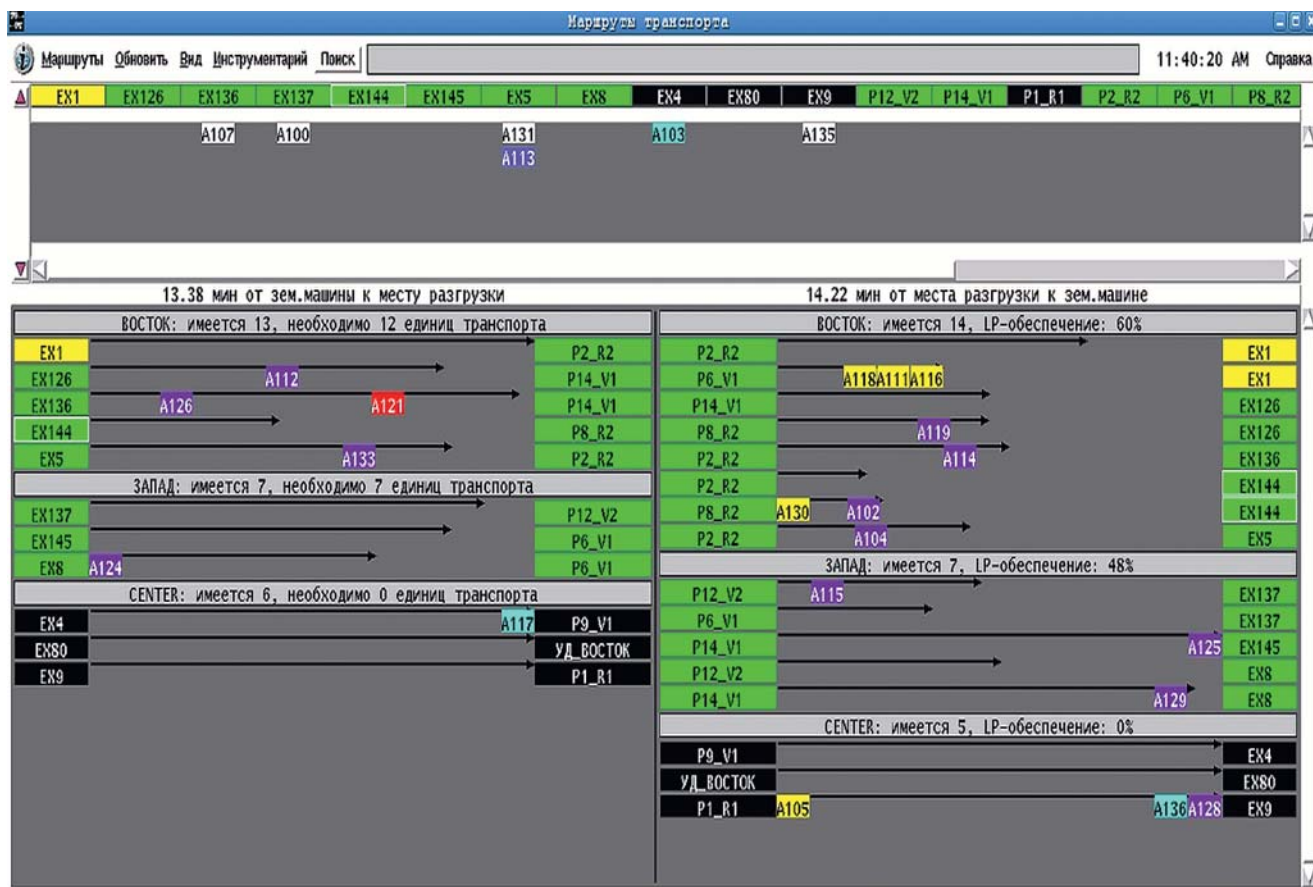


Рис. 2. Экран «Маршруты транспорта»

Погрузка горной массы в карьере Лебединского ГОКа



Панель инструментов обеспечивает простой доступ к другим утилитам системы, которые позволяют пользователям получать оперативную информацию о состоянии самосвалов и экскаваторов в режиме реального времени.

Экран «План карьера» (рис. 3) дает графическое представление о текущей топографии карьера, включая сеть дорог, места погрузки и разгрузки, заправки и другие объекты карьера. Поддержка достоверности топографии очень важна, так как эти данные используются алгоритмом оптимизации для принятия решений. Работа с данными значительно облегчается за счет простого и интуитивно понятного интерфейса. Пользователь может отобразить местоположение всего парка оборудования или его части на плане карьера. Используя архивную информацию, накопленную системой, на плане карьера можно отобразить перемещение любой единицы техники за некоторый период времени в прошлом, таким образом, как бы просмотреть ситуацию в записи.

Специалистами по информационным технологиям выполнены работы по интеграции АСУ ГТК с общей информационной системой комбината. На основании базы данных, формируемой в АСУ ГТК, выделен блок информационно-аналитической системы управления производством, позволяющий оперативно анализировать и улучшать работу автомобильно-экскаваторного комплекса, сокращать простои оборудования и потери производства.

Внедрение АСУ ГТК привело к реорганизации руководства автомобильными перевозками. Функции оперативного управления автотранспортом, которые до этого выполнял начальник смены автотракторного цеха, были переданы диспетчеру горнотранспортного комплекса; по идее он должен хорошо знать технологию горных работ и автомобильных перевозок и уметь принимать решения, которые будут реализованы с помощью АСУ ГТК.

Внедрение новой системы управления автомобильными перевозками потребовало дообучения персонала. Вместе с водителями самосвалов, машинистами экскаваторов и инженерно-техническим персоналом, эксплуатирующим систему, общее количество обученного персонала составило около 400 человек.

Были разработаны подробные рабочие инструкции для водителей самосвалов и машинистов экскаваторов, регламенты взаимодействия для инженерно-технических работников.

Основной эффект от внедрения системы был получен за счет оптимизации порядка подачи автотранспорта к экскаваторам под погрузку. До внедрения АСУ ГТК управление грузопотоками осуществлял начальник смены автотракторного цеха «в ручном режиме», только на основании своего опыта, что часто приводило к ситуациям, при которых одни экскаваторы испытывали недостаток автотранспорта, а у других наблюдались очереди. Это было связано с большой вариативностью перевозок (9–15 ед. экскаваторов грузят 25–35 ед. самосвалов различной грузоподъемности, которые транспортируют горную массу на 9–12 пунктов разгрузки с различными расстояниями и с различным требуемым качеством руды) и несвоевременной реакцией «ручного» управления на происходящие в карьере перемены (неисправности оборудования, изменение состояния дорог, приемной способности экскаваторов, качества руды в забоях и т. д.). Неоптимальность «ручного режима» приводила к снижению производительности как у экскаваторов, так и у самосвалов.

Традиционно задача снижения простоев какого-либо оборудования, работающего в связке с другим (для нашего случая экска-

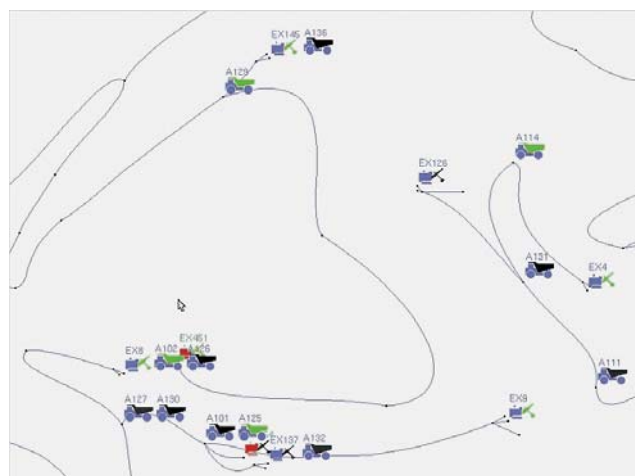


Рис. 3. Фрагмент экрана «План карьера»

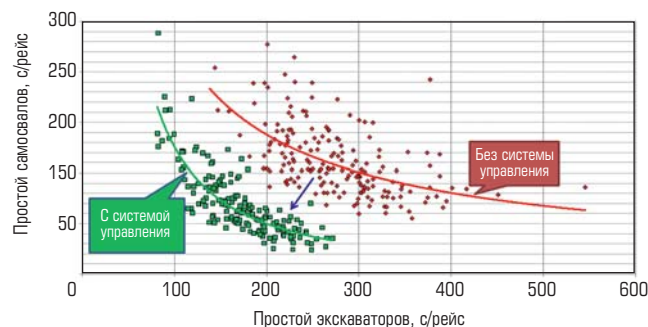


Рис. 4. Среднесменные простои самосвалов в среднем на один рейс (данные каждого графика – за 3 месяца)



ватора с самосвалом), достигается за счет резерва смежного оборудования. То есть, снижение очередей самосвалов возможно при наличии резерва экскаваторов на погрузке. Однако содержание излишнего парка оборудования приводит здесь к неоправданному удорожанию производства.

Внедрение АСУ ГТК позволило за счет непрерывного автоматического измерения рабочих параметров горнотранспортного оборудования, своевременного реагирования на события в карьере, автоматизированного направления самосвалов под погрузку снизить простои самосвалов в ожидании погрузки и экскаваторов в ожидании транспорта без наращивания количества оборудования. На **рис. 4** показаны среднесменные простои экскаваторов и самосвалов до и после внедрения новой системы управления. На диаграмме хорошо видно, что в результате перехода на АСУ ГТК произошло смещение (по синей стрелке) взаимных простоев самосвалов и экскаваторов в сторону уменьшения. Кроме того, существенно уменьшился разброс величины простоев, что также свидетельствует о достоинствах системы.

В процессе эксплуатации системы АСУ ГТК были определены показатели, позволяющие оценить эффективность ее использования. Так, после внедрения системы затраты времени, отрицательно влияющие на производительность оборудования, сократились следующим образом: средний простой самосвалов в

ожидании погрузки и экскаваторов в ожидании транспорта – на 37 %; длительность пересмены – на 24 %; длительность заправки в смену всех самосвалов – на 43 %; время эксплуатации шин с отклонением от нормативного давления – на 12 %. В результате производительность самосвалов возросла на 11,6 %. Как видно из этих цифр, по всем показателям достигнута положительная динамика, что позволяет говорить о том что цели, поставленные при внедрении АСУ ГТК, были достигнуты в полном объеме.

### Заключение

Представленный в данной статье материал показывает, что деятельность Лебединского ГОКа в части автоматизации функций управления производством приводит к значительному повышению производительности оборудования и снижению эксплуатационных затрат. Следом за АСУ ГТК рассматривается вопрос о внедрении автоматизированной системы управления буровзрывными работами на карьере.

### Библиографический список

См. англ. блок. **RU**

«GORNYI ZHURNAL», 2017, № 5, pp. 85–88

DOI: 10.17580/gzh.2017.05.20

#### Introduction of automated control over mining and transportation

#### Information about authors:

**O. I. Sorokin**<sup>1</sup>, Head of Office for Communications and Transmission Media

**A. A. Shokov**<sup>1</sup>, Deputy Head of Office for Production and Analysis – Head of a department, shokov\_a\_a@lebgok.ru

<sup>1</sup> JSC Lebedinsky GOK, Gubkin, Russia

#### Abstract

One of the factors of success of modern production is application of automated checkout and control facilities. A new step along the way of improving such equipment at Lebedinsky GOK has become the introduction of automated mining and transportation control system Dispatch manufactured by Modular Mining Systems.

The main objective of the system introduction is to increase productivity of heavy dump trucks owing to automation of their routing for loading, fueling and shift change. This is achieved through automated control over rock rehandling by motor transport, checkout of fuel quantity in tanks and tire pressure in every dump truck as well as by means of instrumentation-assisted estimation of quality of roads in the open pit mine.

The automated routing is based on the mathematical calculation of optimal cargo flows in accord with the production objectives. On the ground of this calculation, the system assigns tasks for each machine and follows up the execution.

For example, the system, in real time, using the downloaded optimization algorithms, after a dump truck is unloaded, automatically assigns a specific shovel for the vacant dump truck to go to.

After the system introduction, the time loss, which negatively influenced equipment efficiency (downtime of machines whilst awaiting loading, idle time of shovels awaiting dump trucks, duration of fueling, etc.), has drastically been reduced. The efficiency of dump trucks per shift has increased by 11.6%.

**Keywords:** automation, control system, mining and transportation system, shovel, dump truck, equipment efficiency.

#### References:

1. Trubetskiy K. N., Kuleshov A. A., Klebanov A. F., Vladimirov D. Ya. Modern systems for mining transport complexes management. Saint Petersburg: Nauka RAN, 2007. 302 p.
2. Trubetskiy K. N., Klebanov A. F., Vladimirov D. Ya. Automation of mining transport complexes management on open pits. *Gornyi Zhurnal*. 2009. No. 11. pp. 38–41.
3. Ilin S. A., Kovalenko V. S., Pastikhin D. V. Increasing of economic efficiency of open-cast. *Gornyi Zhurnal*. 2012. No. 6. pp. 56–65.
4. Pomelnikov I. I. State and prospects of iron-ore industry development with stable decrease of global iron ore prices. *Gornyi Zhurnal*. 2015. No. 7. pp. 78–87. DOI: 10.17580/gzh.2015.07.11
5. Nikolaev K. P. Modern history of iron ore industry on the territory of Russia and neighbouring states. Moscow: Master, 2015. 320 p.
6. Thomason R., Hahn S., Pastor S. Development of mine haul road surfacing condition monitoring through digital image processing. *Mining Engineering*. 2015. Vol. 67, No. 9. pp. 34–45.
7. Green J. J., Hlophe K., Dickens J., Teleka R., Price M. Mining robotic sensors. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*. 2012. Vol. 1, No. 4. pp. 8–15.
8. Brown C. Autonomous Vehicle Technology in Mining. *Autonomous Mining*. 2012. No. 1. pp. 30–32.
9. Frank U. Multi-perspective enterprise modeling: foundational concepts, prospects and future research challenges. *Software & Systems Modeling*. 2014. Vol. 13, Iss. 3. pp. 941–962.
10. Kul'ga K. S. Use of an integrated computer-based information system at chemical and oil-and-gas machine production enterprises. *Chemical and Petroleum Engineering*. 2014. Vol. 50, Iss. 7. pp. 445–451.
11. Lee C. K. H., Choy K. L., Ho G. T. S., Lam C. H. Y. A slippery genetic algorithm-based process mining system for achieving better quality assurance in the garment industry. *Expert Systems with Applications*. 2016. Vol. 46. pp. 236–248.
12. Garcia S., Luengo J., Herrera F. Tutorial on practical tips of the most influential data preprocessing algorithms in data mining. *Knowledge-Based Systems*. 2016. Vol. 98. pp. 1–29.
13. Sengupta A., Mazumdar C., Bagchi A. A formal methodology for detecting managerial vulnerabilities and threats in an enterprise information system. *Journal of Network and Systems Management*. 2011. Vol. 19, Iss. 3. pp. 319–342.
14. Fayoumi A. Ecosystem-inspired enterprise modelling framework for collaborative and networked manufacturing systems. *Computers in Industry*. 2016. Vol. 80. pp. 54–68.
15. DISPATCH. Open-cast mining. MODULAR. Available at: <http://www.modularmining.com/ru/> (accessed: 9.02.2017).