

**ТЕХНОЛОГИИ**

УДК 651.81

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА  
ТРАНСПОРТИРОВКИ МАССОВЫХ ГРУЗОВ В РУДНИКАХ  
ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ**А.П. КУЗНЕЦОВ<sup>1</sup>, В.Л. БУСЬКО<sup>1</sup>, В.В. ЛОБКО<sup>2</sup><sup>1</sup>*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
П. Бровки, 6, Минск, 220013, Беларусь*<sup>2</sup>*Республиканское унитарное предприятие "ПО "Беларуськалий"  
Коржа, 5, Солигорск, 223710, Беларусь**Поступила в редакцию 17 августа 2007*

Рассматривается синтез системы автоматизированного управления транспортировкой массовых грузов в рудниках; контроль качества руды, подаваемой в отделение дробления рудника при производстве калийных удобрений в РУП "ПО "Беларуськалий".

*Ключевые слова:* автоматизация технологического процесса, управление конвейерным транспортом.

**Введение**

Повышение производительности на шахтах в значительной мере зависит от прогресса в области транспортировки массовых грузов, таких как добытая калийная руда, вода, штучные грузы. Более 50% подземных рабочих смен расходуется в инфраструктуре шахты. Статья посвящена новым разработкам в области горного транспорта, обеспечению материалами. Для оптимизации этих процессов выделены три основных направления. Во-первых, это моделирование, которое на стадии планирования является близкими к реальности отображением будущего хода процессов. На основе модели общего развития горных предприятий с помощью определенных ключевых показателей в статье предпринимается попытка сформулировать требования для перспективного развития рудничного транспорта и инфраструктуры.

Что представляют собой основные требования и целевые установки будущей структуры транспортировки массовых грузов и материалов на шахтах? Речь идет не только о технике и способах, но и аспектах организации и моделировании процессов. Взгляд в будущее может дать картину основных направлений деятельности в текущие годы, которые подходят для дальнейшего интенсивного сотрудничества с научно-исследовательскими институтами и университетами.

Большое значение приобретают требования к общей логистике. Почти 50% рабочих смен в подземных условиях расходуется на различные элементы логистической цепочки по обеспечению производства. Необходимая для этого сеть горных выработок составляет примерно 70 км на один рудник. Ежегодно в объединении проводится около 40 км новых штреков. На одном руднике в тринадцати очистных забоях добывается около 8 млн т руды, которая должна транспортироваться бункерами, складироваться в них и выдаваться на поверхность по

стволам. Для обеспечения проходческих забоев, очистных забоев, монтажных работ, погашения горных выработок требуется около 1000 транспортных единиц. Ставшие ненужными материалы поднимаются на поверхность.

### **Требования, предъявляемые к системе управления подземным транспортом. Моделирование техпроцесса**

Приведенные показатели не только иллюстрируют всю сложность инфраструктуры горного предприятия, но и вполне определенно свидетельствуют о необходимости повышения эффективности всей цепочки снабжения.

Уменьшение сложности системы путем концентрации производства на немногих, но имеющих большое значение для повышения производительности очистных и проходческих забоев участков, является тем способом, который повышает надежность оперативного управления техпроцессом добычи и транспортировки руды.

Оптимизация процессов инфраструктуры, в смысле снижения издержек, является вторым направлением для существенного снижения стоимости в цепочке снабжения. При этом необходимо находить компромисс между повышением надежности снабжения материалами производственных участков и эксплуатационной готовности транспортных средств, для выдачи полезных ископаемых, снижения затрат на процессы обеспечения производства и техническое обслуживание. Потери за счет нарушений в инфраструктуре приводят к убыткам в миллионы рублей.

Какие требования предъявляют высокопроизводительные очистные забои с возможными пиками добычи свыше 1000 т в час руды к транспортной системе, состоящей из конвейеров, бункеров, установок шахтного подъема? Эти требования можно выразить как "нулевые простои".

Для этого необходимы три основных элемента оптимальной цепочки процесса:

- 1) планирование, которое учитывает требования, направленные на далекую перспективу, ко всей транспортной системе и оставляет открытым пространство для нововведений;
- 2) применение техники, которая определена при планировании и гарантирует максимальную эксплуатационную готовность и сокращает капиталовложения и издержки производства
- 3) система, которая отображает реальное состояние транспортировки добытой руды и дает возможность активно управлять процессом.

Чем сложнее становится транспортная система, тем большее значение приобретает каждый из приведенных трех пунктов для исключения холостого пробега конвейеров.

Рассмотрим пример. По конвейерной линии длиной 70 км должна транспортироваться руда на обогатительную фабрику — четыре лавы (очистных забоя) — многократной перегрузкой и использованием нескольких промежуточных бункеров. Планирование для такой разветвленной транспортной системы происходит следующим образом. Осуществляется моделирование для близкого к реальности отображения динамического состояния этой системы с целью определения слабых мест и оценки изменений, без вмешательства в ход реального процесса. Моделирование осуществляется на вычислительных машинах с помощью программных продуктов.

Целью моделирования является получение следующих результатов:

точный анализ фактического состояния с возможностью определения потенциала улучшения;

представление о поведении системы во времени при различных входных параметрах;

исследование вариантов планирования и оценка функциональности;

представление об узких местах и предельных значениях.

Все результаты сводятся в общую систему, имеющую высокую готовность при одновременном снижении издержек за счет исключения избыточных транспортных и бункерных установок.

Важным фактором для достижения "нулевых простоев" является оперативное управление транспортной системой, определение фактического состояния которой является исходной величиной для визуализации в диспетчерской. Наряду с фиксацией параметров рабочего со-

стояния, напряжения питания, тока, температуры, решающую роль играет контроль уровня загрузки лент. С помощью конвейерных весов или измерительных ультразвуковых устройств в комбинации с датчиками уровня заполнения бункеров можно визуальнo контролировать реальные массовые потоки руды. Обслуживающий персонал на основе такой информации имеет возможность управлять процессом и, таким образом, обеспечивать оптимальное использование оборудования. Другие выводы, не относящиеся непосредственно к управлению конвейерами, могут быть получены путем сравнения фактического грузопотока с расчетным, определенным на основе маркшейдерских измерений. Если фактическая величина превышает расчетную, то можно сделать вывод о непроизвольной подрубке пород в лаве. Своевременно принятые меры еще в ходе текущей добычной смены позволят воспрепятствовать дальнейшему ухудшению качества руды.

Планирование с помощью моделирования, инновации в технике и оперативное управление техпроцессом, являются основными компонентами бесперебойной работы подземного транспорта.

Основной предпосылкой для функции передачи данных является создание подземной информационной инфраструктуры. С помощью оптоволоконных кабелей, проложенных в подземных выработках, могут быстро передаваться большие массивы данных в каждый компьютер, в том числе и под землей. Такая инфраструктура может являться основой для создания системы слежения за обеспечением рудника материалами, для обеспечения бесперебойной работы.

### Управления подземным конвейерным транспортом с целью исключения холостого пробега

Управление конвейерами (пуск, останов электродвигателей), а также контроль состояния (контроль схода ленты, обрыв ленты, нагрев роликов, частота вращения барабана конвейера) осуществляется системой, которая включает контроллеры Siemens S7-200, блоки управления конвейерами БУК, блоки сбора дискретной информации УСКВД. Рассмотрим схему конвейерного транспорта рудника горизонта 420 м.

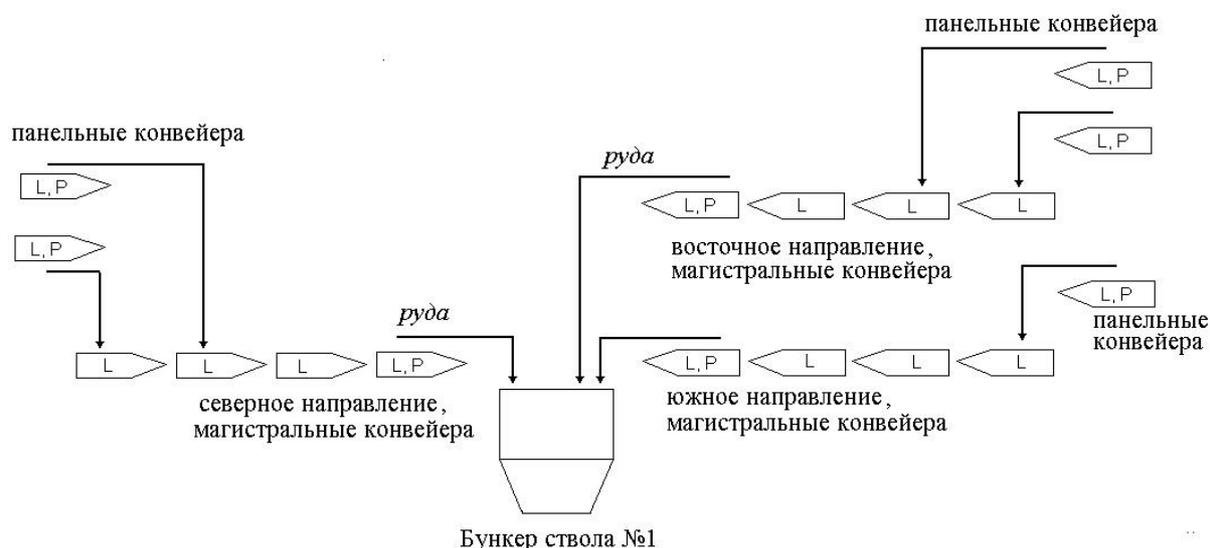


Рис. 1. Схема конвейерного транспорта рудника горизонта 420 м: P — измерение веса руды на конвейере; L — измерение уровня руды на конвейере;  $\square$  — ленточный конвейер

Подача добытой руды осуществляется из добычных лав по штрековым конвейерам на панельные конвейера (рис. 1). Затем руда перегружается на магистральные конвейера и транспортируется к дозаторному бункеру. Руда из бункера дозируется в скипы по 25 т, транспортируется по стволу, наверх, в отделение дробления рудника.

Для построения автоматизированной системы управления предлагается с целью для контроля уровня руды на ленте установить ультразвуковые уровнемеры. Контроль массы транспортируемой руды осуществлять тензометрическими конвейерными весами. Уровнемеры и конвейерные весы требуется подключить к контроллерам Siemens S7-200.

Следует осуществлять учет уровня руды на каждом панельном и магистральном конвейерах (рис. 1). Для контроля массы всей руды, находящейся на конвейерных лентах в настоящий момент времени, следует устанавливать конвейерные весы в точках перегрузки потоков руды с штрековых конвейеров на панельные, с панельных — на магистральные конвейеры. Данные из сети контроллеров для обработки передаются на ПЭВМ с программным обеспечением по управлению транспортной системой рудника.

### Система управления поверхностным комплексом рудника

Добываемая руда второго и третьего горизонтов рудника транспортируется на поверхность скиповыми подъемниками по стволам 1, 2, 4 (рис. 2). В каждом надшахтном здании расположен корпус дробления. По стволу № 1 на участок дробления поступает руда горизонта 420 м. По стволу № 2 поступает руда горизонта 620 м.

Со сборных ленточных конвейеров К1, К2 дробленая руда перегружается на параллельные ленточные конвейеры К3, К4 (рис. 2), по которым транспортируется на склад № 1 или в бункеры отделения измельчения и флотации, через параллельные ленточные конвейеры, оборудованные барабанными сбрасывающими тележками.

По стволу № 4 поступает руда с горизонтов — 420 и 620 м.

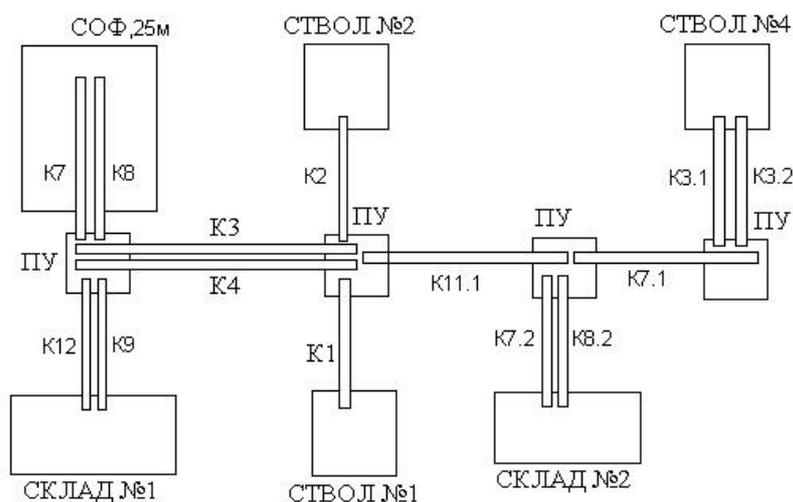


Рис. 2. Транспортировка руды на поверхностном комплексе рудника: К1–К12 — ленточные конвейеры

Для управления конвейерным транспортом поверхностного комплекса рудника используются сеть передачи данных контроллеров Siemens S7-200, S7-300, S7-400. Оперативное управление системой поверхностного конвейерного транспорта осуществляет оператор участка дробления. Контроль состояния, останов и запуск отдельными конвейерами стволів №1,2,3 (рис. 3), осуществляются контроллерами S7-200. Информация о состоянии сети передачи данных и системы конвейеров, передается на контроллер S7-400, установленный на отметке +25м (рис. 2) сальвинитовой обогатительной фабрики (СОФ), и далее считывается в программный пакет WinCC на ПЭВМ оператора.

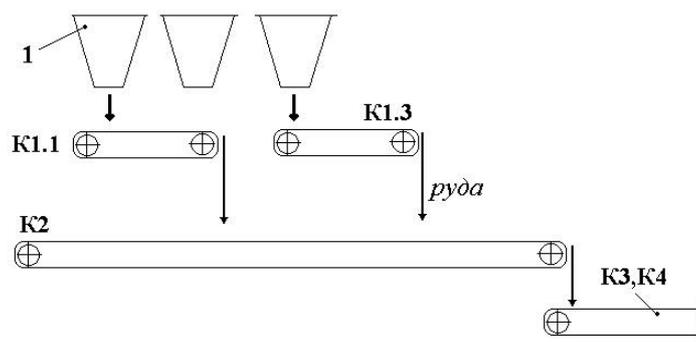


Рис. 3. Технологическая схема ствола №1 участка дробления: 1 — бункеры-дозаторы ствола №1; К1.1–К1.3, К2 — ленточные конвейеры ствола №1; К3, К4 — ленточные конвейеры, подающие руду в бункеры СОФ

### Заключение

Почти 50% подземных рабочих смен относится к области инфраструктуры при транспортировке породы, доставке разных материалов. Повышение эффективности должно следовать за ростом производительности на основном производстве, чтобы получить существенное снижение производственных затрат. При этом следует применять интенсивное планирование в материально-техническом обеспечении техпроцесса. Результатом такого планирования должно являться увеличение надежности снабжения материалами, обнаружение избыточных мощностей, с их последующим сокращением.

Развитие техники — это не инновационные рывки, а скорее непрерывное улучшение имеющейся унифицированной техники. Техническое обслуживание машин, повышение ремонтопригодности, снижение затрат на обслуживание — необходимые условия для перспективного развития. Дальнейшее развитие рудничной информационной инфраструктуры в комбинации с мобильной связью делает протекание процессов еще прозрачнее. Связанные с этим возможности визуализации в режиме реального времени позволяют улучшить управление процессом и существенно увеличивают возможность оперативного реагирования в управлении техпроцессом. Таким образом, снижаются простои на очистных и подготовительных работах в руднике.

## AUTOMATION OF TECHNOLOGICAL PROCESS ON TRANSPORTATION OF MASS CARGOES MINES BY MANUFACTURE OF MINERAL FERTILIZERS

A.P. KUZNEZOV, V.L. BUSKO, V.W. LABKO

### Abstract

Synthesis of system of automated management by transportation of mass cargoes in mines is considered; quality assurance of the ore submitted to branch of crushing of mine by manufacture of potash fertilizers of the Republican Unitary Enterprise "Production association "Belaruskaly".

### Литература

1. Ерофеев А.А. Теория автоматического управления. СПб., 2002. С. 248–261.
2. Математическое моделирование в технике / Под ред. В.С. Зарубина, М., 2003. С. 196–279; 373–377.
3. Тарасик В.П. Математическое моделирование технических систем, Минск, 2004. С. 512–564.
4. Методы робастного, нейро-нечеткого и адаптивного управления / Под ред. Н.Д. Егупова, М., 2002. С. 603–609.
5. Амбарцумян А.А., Казанский Д.Л. Автоматизация в промышленности. М., 2007, №7. С. 41–46.
6. Смирнов Н.И., Сабанин В.Р., Ретин А.И. Промышленные АСУ и контроллеры. М., 2007, № 7. С. 31–36.