

УДК 044.03

Д.К. Михнов, Г.С. Климов

*Харьковский национальный университет радиоэлектроники*

## АНАЛИЗ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ, ПОВЫШАЮЩИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ УПРАВЛЕНИЯ КАРЬЕРНЫМ ТРАНСПОРТОМ

*Проанализированы основные проблемы существующих систем управления карьерным транспортом. Определены основные подходы по созданию систем с централизованным и децентрализованным подходом, основные преимущества и недостатки каждого подхода, типы используемых датчиков на передвижных единицах, рассмотрены перспективные направления по идентификации и фиксации определенных параметров на передвижных единицах.*

*карьерный транспорт, управление перевозками, эффективное диспетчерское управление, РЧИД, беспроводное считывание информации, GPS-навигация*

### Введение

**Проблемы существующих систем управления карьерным транспортом.** Основным видом транспорта при добыче полезных ископаемых открытым способом является автомобиль. Он используется для перевозки 80% всей горной массы во всем мире. В Украине доля карьерного автотранспорта с учетом всех отраслей горнодобывающей промышленности приближается к 75%, и в будущем будет только расти за счет увеличения добычи открытым способом. Из-за несовершенства организации процесса грузоперевозок, компании горнодобывающей отрасли, могут терять до 25% чистой прибыли, не говоря уже о косвенных убытках. При этом главным показателем эффективности горнодобывающего предприятия является себестоимость добытой продукции, которая для открытого способа добычи в большей степени зависит от расходов на транспорт. Поэтому правильная организация грузоперевозок с помощью автоматизированных систем, это важный момент в общей технологии проведения горных работ открытым способом.

Грузоперевозка при добыче ископаемых – это своевременное перемещение заданного количества горной породы или полезной руды за установленный промежуток времени. Именно в этом «предназначение» автомобиля и «миссия» персонала. Грузоперевозки можно разделить следующим образом:

- территориально: дальние, локальные;
- по организации процесса: одноразовые, циклические.

Около 80% от всего объема грузоперевозок при открытом способе добычи составляют локальные грузоперевозки циклического характера. Весь процесс локальной циклической грузоперевозки можно разделить на четыре этапа:

1. Планирование.
2. Организация процесса.

3. Реализация процесса.

4. Контроль.

Фактически контроль выступает неким механизмом обратной связи, формируя исходные данные для этапа планирования. Любое планирование начинается с оценки предыдущей статистики (предыстории). Информация, собранная за предыдущие периоды, является главной отправной точкой для правильной организации процесса в будущем. Увидеть ошибку, определить риски в организационных моментах очень сложно, требуется серьезная работа по анализу накопленных статистических данных, их сравнения по определенным критериям оценки эффективности.

Наибольшую сложность в этом представляет сама процедура сбора достоверных статистических данных. Если автомобиль регулярно присутствует в месте загрузки, своевременно загружается установленным количеством груза, а затем вовремя прибывает в пункт разгрузки, и при этом укладывается в установленную норму расхода топлива, его эффективность равна 100%. В противном случае, нужно знать, почему это было не выполнено, чтобы ввести коррективы в критерии оценки или устранить ошибки в организации.

**Основные параметры, контролируемые системами управления карьерным транспортом.** Параметры маршрута и характер движения сильно влияют на время прибытия автомобиля в пункты назначения. При циклических перевозках на ограниченной территории карьера этот вопрос прорабатывается неразрывно от общей концепции ведения горных работ на месторождении. Поэтому прокладка трасс и порядок движения самосвалов - это основа планирования, продумываемая и просчитываемая заранее. В этой связи, направление движения автомобиля в отдельно взятые моменты времени не так важно, как отметка его присутствия в ключевых пунктах, что однозначно характеризует всю органи-

зацию и исполнение. Можно выделить главные показатели оценки эффективности – это время выполнения отдельной последовательности операции (погрузка > движение > разгрузка > движение) и степень загрузки горной породой. Второстепенными, но не менее важными показателями, являются: норма расхода топлива; время простоев; степень износа силового агрегата. Таким образом, в первую очередь требуется контролировать:

- время выполнения всех операций в технологии перевозки горной породы;
- массу перевозимого груза;
- уровень топлива;
- отдельные показатели работы двигателя.

Именно человек является тем фактором, который не позволяет сделать контроль достаточно эффективным. Путевые листы, «точковки», контрольные ведомости, «фотокарточки рабочего дня», всегда заполняются определенным персоналом, который в силу «человеческого фактора» допускает серьезные ошибки, превращая контроль в чисто субъективный анализ некорректных данных. Выход из этой ситуации только один – автоматизировать регистрацию выполнения этапов всего технологического цикла.

### **Анализ автоматизированных систем, повышающих эффективность управления карьерным транспортом**

**Способы повышения эффективности систем управления карьерным транспортом.** Имеются два способа решения этой задачи. В одном случае используется некий централизованный подход, где удаленный центр постоянно собирает данные от каждой подвижной единицы, а диспетчерская служба, контролируя их, оперативно регулирует движение транспорта в зависимости от текущей ситуации. В другом случае осуществляется децентрализованный подход. Данные распределенным образом накапливаются за установленный период на каждой подвижной единице, и далее передаются в аналитический центр. И в том и другом случае, в итоге собранные данные автоматически обрабатываются и выдаются итоговые отчеты, на основании которых принимается решение о корректировках в организации процесса. В первом способе вся ответственность возлагается на диспетчера, все зависит от его компетенции и умения правильно оценить обстановку и принимать единственно верное решение. Во втором способе ответственность распределена между персоналом, осуществляющим планирование и организацию процесса, и самим исполнителем (водителем, управляющим автомобилем). Контроль на основе последующей обработки выявляет, в чем была допущена ошибка – в планировании или в неправильных действиях водителя.

Централизованный подход имеет преимущество в том, что позволяет управлять автотранспортом в режиме реального времени. Но нужно отметить и ряд серьезных недостатков. В качестве ключевых проблем можно назвать большую дороговизну решения и зависимость от подготовленности, информированности и навыков диспетчера. Известно, что единственным каналом обмена информацией с подвижным объектом является радиосвязь, поэтому для организации оперативного обмена информацией в режиме реального времени требуются развертывание радиосети с базовой инфраструктурой, обеспечивающей постоянный радиообмен с несколькими подвижными единицами. Развертывание таких стационарных радиосетей в нашей стране жестко регламентируется действующим законодательством и требует выполнения целого комплекса платных разрешительных процедур, а именно:

- разрешение на использования полосы радиочастот;
- разрешение на использование радиооборудования;
- разрешение на строительство стационарной базовой радиостанции;
- разрешение на эксплуатацию радиооборудования.

К тому же, необходимо уплачивать ежегодные сборы за аренду радиочастот и использование радиостанций, объем которых зависит от инфраструктуры созданной радиосети. Существуют ограничения по количеству обслуживаемых радиоабонентов (подвижных единиц, оснащенных радиостанциями), то есть уже внедренную радиосистему не возможно просто расширить, для этого требуется серьезная модернизация с очередным переоформлением всех гос. разрешений. Сегодня системы такого типа предлагают следующие компании: Wenco (система WencoSystem®, Канада), Trimble (система Trimble Radios®, США), MODULAR (система Intellimine®, США), Micromine (система PitRam®, Австралия), ВИСТ-групп (система «КАРЬЕР», Россия), Союзтехноком (Россия).

Децентрализованный подход можно назвать способом, хорошо известным как «черный ящик». Его главные достоинства это относительная дешевизна решения и безграничное количество контролируемых подвижных единиц. Накопление необходимых данных происходит распределенным образом в неких автономных носителях и не требует решения сложной технической задачи по обеспечению пропускной способности радиоканалов. Фактически данные хранятся распределено определенное время, до момента их сбора на обработку в соответствующем пункте, без каких либо критических ограничений по времени. Сбор информации является одним из чувствительных мест этого метода. Как правило,

данные собираются с помощью проводного считывания регистраторов данных или независимых носителей информации. Проводное считывание требует обязательное участие персонала в данной процедуре. На практике это сокращает сроки службы регистраторов и носителей, или опять же, в силу «человеческого фактора» приводит к потере данных. Сейчас начинают использовать новые технологии радиодоступа, которые позволяют полностью исключить человека, сделав процедуру сбора данных быстрой и безболезненной. К таким системам можно отнести решения следующих компаний: Davis Instrument (система DriveRight®, США), Mannig Navcomp Inc. (система RAStrac®, США), Геопарк (система «Маркер», Россия), Omnicom (система FMS, Россия), МАЯК (Кузбассрадио) (Россия), СКИФ (система «ТРАССА», Россия), ИТЕК (система «СОПОТ», Россия).

**Типы датчиков, используемых при отслеживании и контроле параметров автотранспорта.** Не только способ организации сбора информации характеризует автоматизированную систему управления автотранспортом, но и используемые ею информационные ресурсы, собираемые от первичных источников информации – датчиков.

За последние пять лет самым распространенным датчиком, регистрирующим временные показатели присутствия подвижного объекта в ключевых точках маршрута, являются навигационные приемники GPS. Эти устройства рассчитывают свое местоположение и скорость движения из данных получаемых от навигационных спутников системы Navstar (США). Согласно действующего законодательства Украины, свободно разрешено использовать подобные устройства с точностью не лучше 30м. В горнодобывающей отрасли использование GPS имеет ряд аспектов, а именно по мере увеличения глубины карьера ограничивается обзор небосвода, что не всегда позволяет качественно принимать сигналы от необходимого количества навигационных спутников, внося различные виды помех в работу датчиков. Для решения этих проблем используют различные способы, например дифференциальные станции коррекции ошибок, или комбинированные спутниковые навигационные приемники GPS/Глонасс. Это в свою очередь приводит к серьезному удорожанию всей системы. К тому же развертывание дифференциальной станции поправки не свободная процедура. Требуется оформление лицензии на точное измерение географических координат и выполнения всего комплекса разрешительных процедур по развертыванию дополнительной стационарной радиосети. Имеется еще один серьезный момент, это использование карт и планов местности с точностью выше 30 м и сеткой высот менее 10 м. Запрещено их применение без офици-

ального разрешения органов государственной безопасности, особенно в районах расположения стратегических объектов, воинских частей и т.п.

Одной из новинок в способе отслеживания подвижных объектов, является радиочастотная идентификация (РЧИД). В силу развития современных радиотехнологий, давно известный способ стал легко доступным, с его помощью можно просто определить местоположение самосвала, используя метод приближения. Радиомаркеры, размещенные в ключевых точках маршрута, позволяют однозначно регистрировать нахождение подвижной единицы в данном участке карьера. По-другому, это можно назвать «маркировка маршрута». Не требуется выполнения больших организационных, разрешительных и проектных процедур, достаточно определить важные технологические участки, установить на них радиомаркеры, и бортовое оборудование самосвала начнет четко фиксировать все временные показатели присутствия в их зоне. В качестве примера могут служить системы PitRam® (компания Micromine, Австралия), СОПОТ (компания ИТЕК, Россия).

По измерению показателей топлива, существуют несколько методов. В отдельных случаях используются измерители расхода топлива (расходомеры). Но в силу того, что они не позволяют определять сливы из топливного бака, и требуют серьезного изменения конструкции всей топливной системы самосвала, в автоматизированных системах их используют очень редко. Чаще используются измерители уровня топлива в топливном баке. Встречаются несколько типов таких датчиков. Датчики типа «сухой контакт», информирующие о заранее определенном значении топлива в баке, носят только аварийный характер. Часто используются реостатные датчики, измеряющие значение тока в зависимости от положения поплавка соединенного с подвижным контактом реостата, точность таких датчиков очень низкая, с погрешностью более 10%. В отдельных случаях используются герконовые датчики, где уровень топлива определяется по группе сработавших герконов от воздействия магнита-поплавка. Их точность тоже не более 10%. Одно из интересных направлений – емкостные датчики. В них уровень топлива измеряется в зависимости от изменения емкости. Их точность может быть около 5%, но агрессивный химический состав топлива, не позволяет эксплуатировать подобные датчики долгое время. Более защищенным и точным методом измерения уровня, является метод измерения давления оказываемого столбом жидкости, по которому можно определить уровень топлива в баке. Такие датчики устойчивы к механическим и химическим воздействиям, а при использовании цифровой фильтрации позволяют получить точность измерения 23%. При этом качество измерения сильно зависит от

правильности расчета математической модели бака и выравнивания его внутреннего воздушного давления с атмосферным. В настоящее время рассматривается вопрос о начале работ по разработке способа измерения уровня топлива в баке по его общей массе.

Вопрос измерения массы горной породы, перевозимой одной подвижной единицей, также решается несколькими способами. В одном случае определяется изменение давления в амортизационных стойках самосвала, за счет воздействия массы груза, с пересчетом погрешности возникающей из-за отклонения рамы самосвала от линии горизонта. Погрешность такого способа не превышает 15 – 20%. Для отдельных систем однозначно регистрирующих загрузку самосвала известным типом экскаватора, применяется косвенный метод определения загрузки регистрацией ударов. В настоящее время оценивается возможность использования тензометрических датчиков, способных измерить воздействие массы груза на фиксированные опорные точки рамы автомобиля.

В отдельных системах применяются дополнительные датчики, фиксирующие параметры работы двигателя самосвала, но общего подхода по перечню необходимых показателей нет. Каждый производитель решает эту задачу в силу собственного понимания проблемы или исходя из требований конкретного заказчика.

Следует отметить, что чаще всего регистрируются:

- запуск двигателя;
- показания тахометра;
- давление масла;
- заряд аккумулятора;
- температура охлаждающей жидкости.

Сегодня в Украине еще не реализованы несколько аспектов автоматизации ведения горных работ, уже применяемых за рубежом. Это внедрение комплексных решений повышающих эффективность работы каждого конкретного водителя, за счет объективного учета его рабочего времени и оснащения системами аварийного предупреждения о столкновении. Водитель, как исполнительный персонал имеет четкие должностные инструкции и текущие производственные планы. Возникают ситуации незнания конкретных инструкций, а подчас простого их нарушения. В большинстве случаев именно водитель принимает окончательное решение о дальнейшем движении грузовика. Во многом оно зависит от окружающей обстановки не известной диспетчеру (возможность столкновения, опасный маневр, неисправность систем управления и т.п.). Диспетчер может осуществлять только общее руководство, так как его возможности ограничены.

Диспетчеризация, как средство управления повышает эффективность транспортировки, но выполняется это только при качественном взаимодействии диспетчера с водителем. Фактически эффективное диспетчерское управление очень просто реализовать с помощью классической голосовой радиосвязи, не требующей ни каких датчиков и спутниковых систем, проблема в другом, как обеспечить своевременное выполнение указаний диспетчера водителем. Требуется однозначно идентифицировать личность водителя, исключая, какие либо способы подмены личности идентифицируемого объекта. Это снимет все спорные вопросы по поводу действий конкретного лица виновного в нарушении технологии производства горных работ. В качестве перспективных методов, призванных обеспечить это, можно назвать следующие:

- биометрическая идентификация (геометрия руки, отпечаток пальца, голос, фотография);
- радиочастотная идентификация.

## Выводы

В статье отражены общие аспекты организации современных автоматизированных систем управления автотранспортом. Существуют масса мелких особенностей, характерных для каждого конкретного производителя, которые статья не охватывает. В этой связи хотелось бы пожелать, чтобы был сформулирован общий перечень требований к системам автоматизации в горнодобывающей отрасли, охватывающий все аспекты технологии, включая безопасное проведение горных работ. Это дало бы возможность разработчикам таких решений направить свои усилия на создание более эффективных отечественных систем автоматизации управления карьерным транспортом.

## Список литературы

1. Мариев П.Л., Кулешов А.А., Егоров А.Н., Зырянов И.В. *Карьерный автотранспорт: состояние и перспективы.* – С.-Пб: Наука, 2004. – 429 с.
2. Яковлев В.Л., Бахтурин Ю.А., Столяров В.Ф. *Некоторые перспективные направления исследований в области карьерного транспорта // Материалы международной научно-технической конференции по карьерному транспорту.* – Екатеринбург. – 2002. – С. 15-20.
3. Яковлев В.Л., Попов В.Ю., Котяшев А.А., Коснарев Е.С. *Проблемы карьерного транспорта // Материалы международной научно-техн. конф.* – Екатеринбург: ИГД УрО РАН. – 2002. – С. 94-97.

Поступила в редколлегию 17.04.2007

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.А. Филатов, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.