УДК 622.634:656.13

А.А.КУЛЕШОВ
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ КАРЬЕРНОГО АВТОТРАНСПОРТА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Рассмотрена структура системы карьерного автотранспорта, дифференцированные критерии ее качества. Дан анализ современного уровня качества каждой из подсистем. Показаны методы и средства решения задач по качественному выполнению системой своих функций. Приведена схема диспетчеризации технологического автотранспорта на базе спутниковой связи-GPS – система глобального позиционирования наблюдаемого объекта (автосамосвала).

In this article it is considered the structure of system of career autotransport and the differentiated criteria of its quality. It is given the analysis of a modern degree of quality of each of subsystems. It is shown are methods and means of the decision of problems on qualitative performance by system's functions. And it's shown the scheme of scheduling of technological motor transport realized on the basis of satellite GPS-communication system.

Структурно система карьерного автотранспорта состоит из пяти подсистем: транспортные средства; транспортные коммуникации; погрузочно-приемные пункты; ремонтная база; средства управления (диспетчеризации) системой.

Дифференцированные критерии качества (рис.1) функционирования всей системы можно определить следующим образом:

- обеспечение стабильного грузопотока во времени $Q_{\text{ф}}(t) = Q_{\text{р}}(t) \pm \Delta Q$, где $Q_{\text{р}}(t)$ – расчетный грузопоток, т(м^3)/ч; ΔQ – абсолютное значение допустимого отклонения грузопотока от расчетного;
- обеспечение безопасности работ при эксплуатации системы $\nu = n_{\text{н.с}} / 1000$ ч работы системы, где $n_{\text{н.с}}$ – число несчастных случаев;
- обеспечение минимальных затрат на транспортирование горной массы и, соответственно, получение максимальной прибыли от функционирования системы $C_{\text{з}} \rightarrow \min$.

Представляется практически невозможным оценить качество функционирования системы одним интегральным критерием.

Указанные дифференцированные критерии качества системы формируются на базе дифференцированных критериев качества функционирования каждой подсистемы.

Анализ работы крупных карьеров таких предприятий, как АК «Алроса», ОАО «Апатит», ОАО «Карельский окатыш», ГРК «Ковдорский ГОК» и др., показывает, что, несмотря на достигнутые позитивные результаты в эксплуатации систем карьерного автотранспорта, в изменившихся за последние 10 лет горно-технических и экономических условиях эти системы далеко не исчерпали имеющиеся резервы; по-прежнему велики издержки на поддержание транспортных средств в работоспособном состоянии, энергозатраты, велики простои по организационным причинам. Эти недостатки особенно чувствительны для горных предприятий при современных рыночных отношениях в экономике.

Рассмотрим способы повышения качества функционирования подсистем, формирующих общую транспортную систему.

Подсистема транспортных средств. В последнее 10-летие эта подсистема претерпела наиболее существенные изменения.



Рис.1. Структурная схема задач качества системы и средств их решения

Разработан и реализован новый типоразмерный ряд карьерных автосамосвалов на основе рационального числа *R*5 со знаменателем прогрессии $в = 1{,}6$:

30 45 55(65) 80 120 130 170 200-220 360 т

Кроме того, разработаны и изготовлены опытные образцы шарнирно-сочлененного автосамосвала грузоподъемностью 36 т, предназначенного в основном для карьеров по добыче строительных материалов, а также автосамосвала грузоподъемностью 160 т с гидромеханической трансмиссией. Эти две модели значительно «обогащают» принятый типоразмерный ряд машин, расширяют возможности выбора оптимальной модели самосвала для конкретных горно-технических условий.

Для карьеров строительных материалов относительно небольшой производительности ПО «Могилевский автозавод» (МоАЗ) разработан и серийно выпускается автосамосвал грузоподъемностью 22-25 т. Таким образом, существующая ныне гамма моделей карьерных самосвалов по грузоподъемности вполне достаточна для удовлетворения потребностей горно-добывающей промышленности.

В то же время потенциальные возможности этого типоразмерного ряда используются далеко не полностью из-за необеспеченности каждой модели самосвала смен-

ными грузовыми платформами. До сих пор, в отличие от зарубежных фирм, выпускающих аналогичную технику, ПО «БелАЗ» оснащает все автосамосвалы только стандартными грузовыми платформами, вместимость которых рассчитана на плотность пород в целине $\gamma = 1{,}75$ т/м^3. В то же время диапазон значений плотности перевозимых горных пород находится в пределах 1,3-3,5 т/м^3. Поэтому одной из важнейших задач автомобилестроителей является оснащение каждой модели автосамосвала тремя-четырьмя сменными грузовыми платформами для пород плотностью 1,3-1,5; 1,6-1,75; 2,0-2,8; 3,0-3,5 т/м^3. Вопрос этот не нов и обсуждается уже более 30 лет. Отсутствие сменных грузовых платформ приводит, с одной стороны, к массовому недоиспользованию паспортной грузоподъемности автосамосвалов, и с другой – к их перегрузу и, как следствие, к поломкам и снижению ресурса опорных конструкций машин.

С переходом экономики на рыночные отношения выросли требования потребителей к качеству транспортной техники, заказчику выгоднее иметь такой автосамосвал, который будет эффективно использован на одном и том же карьере при транспортировании пород различной плотности. При наличии сменных грузовых платформ можно повысить коэффициент использования паспортной грузоподъемности в среднем до 0,95-0,97.

Качество транспортных средств заметно улучшилось в последние 5-7 лет за счет применения на карьерных самосвалах дизельных двигателей новых моделей производства в основном зарубежных фирм, таких как «Cummins», «Detroit-Diesel» (США), «Deutz» (ФРГ) и др., с улучшенными мощностными и топливными характеристиками.

Важнейшим показателем качества дизелей для карьерных самосвалов является ресурс до капитального ремонта, ведущие зарубежные фирмы довели его до 20-30 тыс.ч. При фонде рабочего времени самосвала 5000 ч в год дизель будет работать без капитального ремонта 4-6 лет, т.е. на весь период эксплуатации автосамосвала потребуется лишь одна замена дизеля вместо двух-трех в настоящее время.

Качество карьерных самосвалов значительно повышено в последние годы за счет усовершенствования тягового электропривода – применения тяговых электродвигателей нового типа – вентильных и др., более совершенных систем управления характеристиками электропривода в тяговом и тормозном режимах. Большое будущее за электроприводом переменно-переменного тока, который разрабатывается в ОАО «Электросила» для карьерных самосвалов БелАЗ грузоподъемностью от 130 до 220 т.

Стратегической задачей производителей карьерных самосвалов является постоянное увеличение их ресурса, невзирая на ухудшение горно-технических условий эксплуатации.

Установленный ПО «БелАЗ» гарантийный ресурс самосвалов грузоподъемностью 120-220 т составляет 400-500 тыс.км, после чего самосвал подлежит списанию. Однако на ряде передовых горных предприятий этот ресурс уже превышен, и ведется работа по доведению его до 1 млн км (АК «Алроса»).

Увеличению ресурса карьерных самосвалов способствовало широкое внедрение в ПО «БелАЗ» компьютерных технологий при проектировании узлов и базовых опорных конструкций машин с использованием программных продуктов CADDSS, I-DEAS, ANSYS.

Для конструктивного расчета рамы на базе ее геометрии создана конечно-элементная модель. В результате изменена геометрия рамы и снижен уровень напряжений в ее элементах до 200-240 МПа, что существенно повысило надежность рамы, особенно у самосвалов БелАЗ-75131 грузоподъемностью 130 т.

Подсистема транспортных коммуникаций. Качество этой подсистемы оценивается тремя составляющими:

- рациональностью транспортных схем – минимизацией тупиковых заездов, применением радиусов поворотов не менее $1{,}5R_к$ ($R_к$ – конструктивный радиус поворота самосвала), уклонов не более 80 ‰;

• соответствием ширины проезжей части дорог габаритам применяемых самосвалов: $B \geq 3в$, ($в$ – ширина самосвала, м);

• качеством покрытия дорожной поверхности, определяемым при проектировании и поддерживаемым в период эксплуатации.

Следует отметить, что в последние годы произошел качественный сдвиг в лучшую сторону в оценке роли подсистемы в эффективности работы карьерного автотранспорта. Несмотря на то, что примерно 90 % карьерных дорог не имеют твердого покрытия, качество дорог с укатанным щебеночным покрытием вполне удовлетворяет требованиям даже при осевых нагрузках, достигающих 1300 кН. На большинстве крупных карьеров имеются собственные дробильно-грохотальные узлы, изготавливающие щебень для посыпки карьерных дорог.

Дискуссия на тему, что лучше – меньшие уклоны (50-60 ‰) и большие скорости движения самосвалов или, наоборот, большие уклоны (80-100 ‰) и меньшие скорости – в настоящее время уже неактуальна. Практика и теоретические расчеты показывают, что рекомендуемые уклоны 70-80 ‰ являются наиболее рациональными. Исключение составляют полноприводные самосвалы (4 × 4), для которых уклоны можно увеличить до 120 ‰.

Хорошее качество дорог в карьерах способствовало увеличению пробега шин до списания до 100-110 тыс.км.

Подсистема ремонта машин. В этой подсистеме за последние 10 лет также произошли перемены, заключающиеся в следующем:

• усовершенствована организация и технология проведения ТО и Р, внедрены новые технологические карты, показатели отчетности по ТО и Р (например, АК «Алроса»);

• многие предприятия оснастили ремонтные базы новыми регулировочными стендами и диагностическим оборудованием.

Однако в целом существенных изменений в этой сфере не произошло. По-прежнему неудовлетворительно поставлен учет и контроль отказов оборудования и восстановлений его работоспособности, отсутствует точная экономическая оценка эффективности ТО и Р по отдельным моделям самосвалов, отсутствует мониторинг технического состояния каждой транспортной единицы. Поэтому так затруднителен анализ принимаемых мер по повышению эффективности ТО и Р на предприятии.

И самое главное: практически нигде не внедрена адаптивная система ТО и Р, основанная на ведении постоянного мониторинга текущего технического состояния машины с применением современных диагностических средств. Такая система мониторинга разработана на кафедре горных транспортных машин СПГГИ.

Устранение перечисленных недостатков значительно повысит качество данной подсистемы, интегральным показателем которой является коэффициент готовности самосвала, который уже сейчас в передовых предприятиях составляет для самосвалов БелАЗ новых моделей $k = 0{,}90$. Однако в ближайшей перспективе его можно довести до 0,95.

Подсистема погрузочно-приемных пунктов. Качество этой подсистемы можно повысить применением оптимальных схем маневров самосвалов у экскаваторов и на отвалах, а также внедрением оптимальных паспортов загрузки самосвалов экскаватором, минимизирующих динамические нагрузки на опорные конструкции самосвала. Такие паспорта разработаны и реализованы на апатитовых карьерах и в АК «Алроса».

Подсистема управления транспортной схемой. В этой подсистеме в последние годы произошли радикальные изменения, связанные с применением на карьерах системы *GPS* (системы глобального позиционирования), использующей спутниковую космическую связь (рис.2). Эта система позволяет с большой точностью определить местоположение каждого самосвала в карьере в любой момент времени, отслеживать движение его по трассе, вести с помощью бортовых компьютеров учет и контроль выполненной самосвалом работы. Система *GPS* – новый шаг

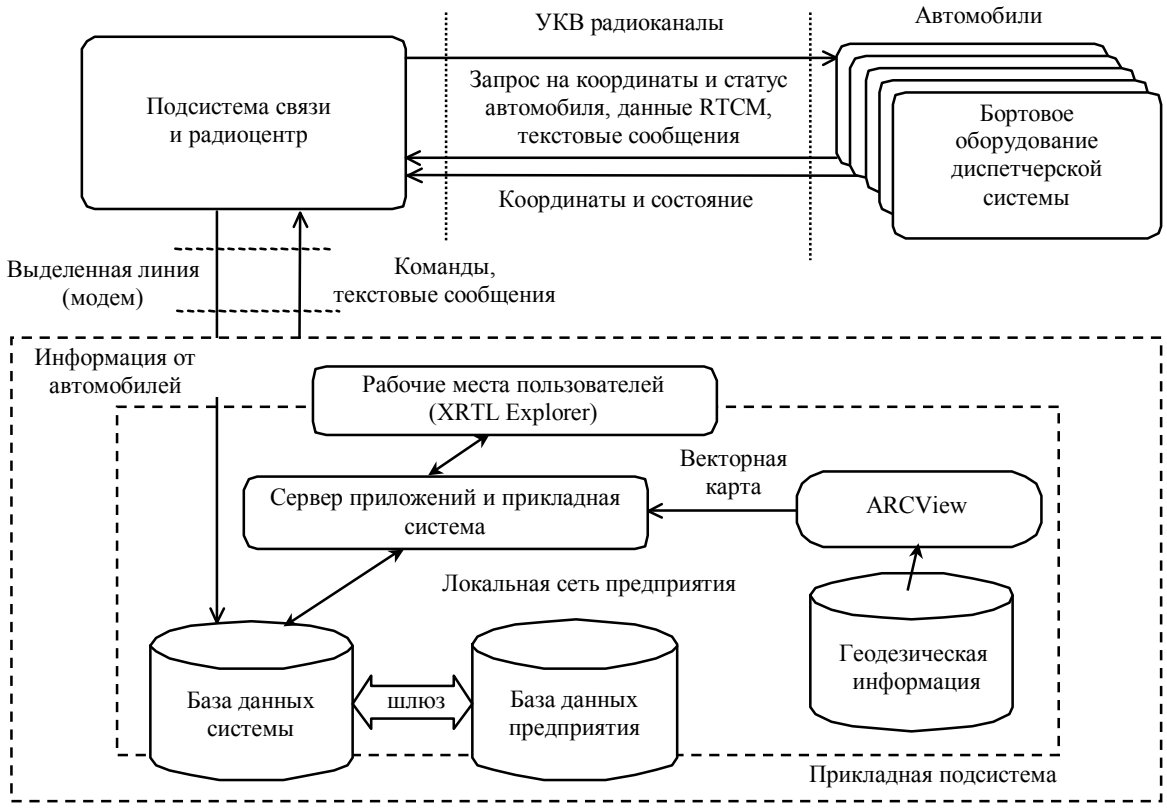


Рис.2. Схема диспетчеризации транспортной системы карьера

в развитии применяемых ранее АСУ ТП на карьерах.

Результатом комплексных работ, выполненных в последние годы производителями карьерных самосвалов и специалистами горно-добывающей промышленности при участии проектировщиков и работников науки по повышению качества автотранспортных систем, является увеличение производительности автосамосвалов до 30-32 тыс.т на одну списочную автотонну или, примерно, на 10-15 %. Имеются реальные предпосылки увеличения этой производительности путем постоянного улучшения качества функционирования системы по направлениям, приведенным в статье.

Одной из задач дальнейших исследований является разработка обобщенной математической модели и ее реализация с помощью пакета компьютерных программ.