УДК 622.684: 622.01.03

М.А.СЕМЕНОВ, О.М.БОЛЬШУНОВА,
Ю.А.ГАВРИЛОВ
Санкт-Петербургский государственный
горный институт (технический университет)

АВТОМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ЗАГРУЗКИ КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ

Представлен анализ контроля загрузки карьерных автосамосвалов с использованием паспортов загрузки. Рассмотрены достоинства и недостатки автоматического контроля загрузки посредством встроенных бортовых систем.

The analysis of the control of loading open-pit autodumpers with use of passports of loading is submitted. Merits and demerits of the automatic control of loading by means of the built – in onboard systems are considered.

Ведущее место в горно-добывающей промышленности России занимает открытый способ разработки, на долю которого приходится около 40 % извлекаемого угля, 80 % железной руды, 75 % руд цветных металлов и химического сырья и практически весь объем строительных горных пород. Для транспортирования добытых материалов широкомасштабное применение получил большегрузный автотранспорт ПО «БелАЗ» и зарубежных фирм Caterpillar, Komatsu и др. благодаря своей мобильности, маневренности и приспособленности к изменяющимся условиям горных работ. Вместе с тем, с увеличением глубины карьеров и разрезов растут эксплутационные расходы на транспортирование, снижение которых является потенциальным резервом повышения эффективности работы карьерного автотранспорта и горного предприятия в целом.

Одним из факторов повышения эффективности работы карьерных автосамосвалов является наиболее полное использование их грузоподъемности или повышение коэффициента использования грузоподъемности, определяемого выражением

$$K_q = \frac{\sum_{i=1}^{n} q_{\phi i}}{q_{\text{a}} n}, \qquad (1)$$

где $q_{\phi i}$ – фактическая масса груза за i-й рейс, т; n – количество выполненных рейсов; q_{a} – номинальная (паспортная) грузоподъемность автосамосвала.

Расчет усредненных величин K_q осуществлен для большегрузных автосамосвалов ПО «БелАЗ» и моделей HD-1200 компании Komatsu (Япония) и Cat-785 компании Caterpillar (США), эксплуатируемых на крупных карьерах страны (табл.1). При расчете использованы данные горных предприятий [1, 3].

Таблица 1

Усредненные данные по коэффициенту K_q для автосамосвалов большой грузоподъемности

Предприятие	Тип автосамосвала	q_{a}, т	K_q
ОАО «Карельский окатыш»	БелАЗ-75121	120	0,825
Рудник «Центральный», ОАО «Апатит»	БелАЗ-7509	75	0,9
	БелАЗ-75191	110	0,82
	HD-1200	120	0,76
Карьер «Удачный», АК «Алмазы России – Саха»	БелАЗ-75191	110	0,83
	HD-1200	120	0,92
	Cat-785	150	0,89
Томусинская автобаза концерна «Кузбассразрезуголь»	БелАЗ-7509	75	0,91
	БелАЗ-75191	110	0,85
	БелАЗ-75211	180	0,89
Разрез «Нерюнгринский»	БелАЗ-75191	110	0,84
	БелАЗ-75211	180	0,81
	HD-1200	120	0,85

По данным табл.1 можно судить о том, что автосамосвалы часто не догружаются. Величина недогруза по разным типам машин составляет от 8 до 20 % и более. Опыт показывает, что в 65-70 % транспортных циклов автосамосвалы работают с недогрузом. Это означает, что для выполнения установленных заданий требуются дополнительные груженые рейсы, увеличивается пробег с грузом и холостой, растет расход топлива и горючесмазочных материалов. Простые расчеты показывают, что увеличение коэффициента K_q, например, автосамосвала БелАЗ-75191, хотя бы на 1 % приводит к уменьшению расхода топлива им за рабочую смену на 0,3-0,6 %.

Наряду с недогрузом в 15-20 % транспортных циклов присутствует перегруз, достигающий 20 % и более от паспортной грузоподъемности машин. Чаще всего перегрузы наблюдаются на железорудных карьерах, а также на карьерах по добыче руд цветных металлов, где плотность горной массы велика и составляет 3,3-4,3 т/м^3.

Перегрузы приводят к поломкам как механических узлов, так и электрических агрегатов. Особенно отрицательно перегрузы влияют на ходимость шин, стоимость которых составляет примерно 20 % от стоимости всего автосамосвала [4].

Согласно представленным данным загрузку карьерных автосамосвалов необходимо контролировать, добиваясь наиболее полного использования грузоподъемности в каждом транспортном цикле. При этом должны быть исключены перегрузы, превышающие на 5-8 % паспортную грузоподъемность [3].

Существующий контроль загрузки, распространенный примерно на 95 % горных предприятий с открытым способом добычи, предусматривает соблюдение машинистом экскаватора паспорта загрузки автосамосвалов. Паспорт загрузки – это документ, утвержденный для каждого типа транспортного средства, находящийся у машиниста экскаватора и регламентирующий порядок размещения груза в кузове, равномерность его распределения по платформе, необходимые параметры «шапки» загрузки [7].

Опыт эксплуатации большегрузного карьерного автотранспорта показывает, что этот метод контроля загрузки малоэффективен. Он груб в оценке степени заполнения кузова горной массой и не способен нормализовать загрузку автосамосвалов в пределах, близких к их паспортной грузоподъемности. Это подтверждают данные по загрузке автосамосвалов, представленные выше, так как они получены при использовании паспортов загрузки.

Наиболее эффективен автоматический контроль загрузки с помощью встроенных бортовых систем. Такие системы широко распространены за рубежом и начинают применяться в России.

Впервые встроенные бортовые системы для самосвалов БелАЗ были разработаны в Санкт-Петербургском горном институте [6].

Бортовая система по установившимся значениям давления газа в цилиндрах подвески осуществляет взвешивание груза в кузове автосамосвала в соответствии с выражением

$$M = S\left[K_1\left(p_1 + p_2\right) + K_2\left(p_3 + p_4\right)\right] - M_{\text{т}}, \quad (2)$$

где S – площадь штока цилиндра подвески, см^2; K_1 – коэффициент, учитывающий наклон передних цилиндров к оси передних колес большегрузного автосамосвала; K_2 – коэффициент, учитывающий влияние реактивных рычагов задней подвески; $M_{\text{т}}$ – масса порожней подрессоренной части автосамосвала, т; p_1, p_2, p_3, p_4 – давление газа в цилиндрах подвески автосамосвала, Па.

Взвешивание груза в соответствии с выражением (2) выполняется с погрешностью, достигающей ±8 %. Высокая погрешность объясняется наличием значительных сил сухого трения в цилиндрах подвески. При 80 %-ной загрузке кузова на блоке фонарей включается желтый свет, при 90 %-ной – красный и при 100 % – зеленый. Фонари оповещают машиниста экскаватора о степени загрузки кузова.

Контрольные испытания трех комплектов бортовых систем проводились на руднике «Центральный» ОАО «Апатит» на автосамосвалах БелАЗ-75191. Обобщенные данные, полученные на основе информации из

Таблица 2

Данные испытаний бортовых систем на руднике «Центральный» ОАО «Апатит»

Гаражный номер автосамосвала	Количество выполненных рейсов	Минимальная масса рейса m	Максимальная масса рейса m	Среднее значние K_q	Отклонение от паспортной грузоподъемности, %
51	586	98,5	123,6	0,944	5,6
57	768	96,9	126,5	0,964	3,6
75	618	97,6	118,4	0,935	6,5

бортовых журналов испытаний, представлены в табл.2.

Даже при низкой точности взвешивания бортовые системы обеспечили нормализацию загрузки автосамосвалов в пределах ±13 % относительно паспортной грузоподъемности. При контроле по паспорту загрузки зона «недогруз – перегруз» значительно шире и составляет ±25 % и более. Кроме того, бортовые системы повысили средний коэффициент использования грузоподъемности автосамосвалов на 12,8 % в сравнении с усредненной величиной K_q, приведенной в табл.1.

Необходимо также отметить, что бортовые системы допустили перегруз автосамосвалов выше разрешенного правилами технической эксплуатации. Это можно объяснить только низкой точностью взвешивания.

Начиная с 2000 г., бортовые системы разрабатываются ПО «БелАЗ» и компанией «Вист Групп» (Москва). В основу этих систем положен бортовой контроллер, обеспечивающий сбор и обработку большого количества показателей работы автосамосвала. Однако контроль загрузки выполняется так же, как описано выше, и точность его осталась прежней, равной ±8 % [5].

Чтобы улучшить качество контроля загрузки бортовыми системами, необходимо повысить точность взвешивания как минимум до 2,5-3 %. При этом полностью будут исключены случаи перегрузов автосамосвалов, а по этому показателю отечественная бортовая система превзойдет лучшие аналогичные системы фирм Komatsu и Caterpillar, точность взвешивания у которых составляет ±5 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гардзиш В.А.* Автоматизированный контроль загрузки и учет работы карьерных автосамосвалов / В.А.Гардзиш, М.А.Семенов, Л.И.Балагуров и др. // Горный журнал. 1990. № 7.

2. *Дьяков В.А.* Транспортные машины и комплексы открытых разработок. М.: Недра, 1986.

3. *Кулешов А.А.* Карьерный автотранспорт на современном этапе развития / А.А.Кулешов, Ю.А.Пилютов; КАЦМ. Красноярск, 1994.

4. *Кулешов А.А.* Эффективность и перспективы применения бортовых систем контроля загрузки и учета работы карьерных автосамосвалов / А.А.Кулешов, М.А.Семенов // Горные машины и электромеханика. 2000. № 3.

6. *Семенов М.А.* Современные бортовые системы для нормализации загрузки и учета выполненной работы большегрузных карьерных автосамосвалов // Записки СПГГИ, Т.142(1). СПб, 1995.

5. *Руденко В.А.* Опыт применения бортовых контроллеров на карьерных самосвалах «БелАЗ» / В.А.Руденко, А.Ф.Клебанов // Горная промышленность. 2002. № 6.

7. *Файнвлит М.А.* Обоснование паспорта загрузки автосамосвалов HD-1200 и Cat-785 на Удачнинском ГОКе / М.А.Файнвлит, Д.Х.Ильвульдин // Горный журнал. 2000. № 7.