

УДК 622.684:650.13.004.18

Ю.Е. Воронов, С.В. Басманов

НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ

На основании разработанной Г.И. Солодом методики безэкспертной оценки качества горных машин [1] была проведена комплексная оценка технического уровня существующего парка карьерных автосамосвалов по предложенной авторами статьи номенклатуре единичных показателей [2] с использованием специфического для карьерных автосамосвалов функционального критерия [3].

Оценка технического уровня проводилась при следующих условиях. Из всего многообразия моделей и модификаций карьерных автосамосвалов были выделены автомобили всех типоразмеров грузоподъемностью от 30 до 320 т. В рассмотрение включались также модификации машин одного типоразмера, если они обладают свойствами, отличными от базовой модели. Одни из рассматриваемых автосамосвалов выпускаются серийно, другие являются лишь перспективными моделями, и их серийный выпуск еще не организован, третьи по разным причинам сняты с производства, однако до сих пор широко представлены на открытых разработках угольной промышленности, четвертые уже не используются на разрезах в ка-

честве средств технологического транспорта, но включены в число оцениваемых для того, чтобы как можно более полно учесть опыт проектирования карьерной транспортной техники в прошлом. И, наконец, для сравнения технического уровня автосамосвалов Белорусского автомобильного завода с техникой из стран дальнего зарубежья были рассмотрены достаточно отработанные и широко используемые в мире конструкции карьерных автосамосвалов лидирующих в этой области фирм «Caterpillar», «Komatsu» и «Unit Rig». В общей сложности к рассмотрению было принято 22 модели карьерных автосамосвалов. Это 14 моделей и модификаций автосамосвалов БелАЗ грузоподъемностью от 30 до 320 т, 6 моделей автосамосвалов фирмы «Caterpillar», грузоподъемностью от 36,3 т до 218 т, и по одной модели автосамосвалов фирм «Komatsu» (HD-1200, грузоподъемность 120 т) и «Unit Rig» (M-200, грузоподъемность 181,4 т).

Общий анализ уровня карьерных автосамосвалов данной группы (таблица) свидетельствует об общем высоком техническом уровне карьер-

Единичные и обобщенный показатели технического уровня карьерных автосамосвалов

№	Модель автосамосвала	Единичные показатели технического уровня							Обобщенный показатель k_i
		$q_1 m_{ep}^{y\delta}$	$q_2 \rho_k$	$q_3 k_M$	$q_4 L_x$	$q_5 g_{max}$	$q_6 R_{np}$	$q_7 T_p$	
1	БелАЗ-75499	1,0	0,893	1,0	1,0	0,632	0,872	0,780	0,886
2	CAT 769 C	0,936	0,829	0,770	0,713	1,0	0,817	1,0	0,869
3	M-200	0,723	0,772	0,928	0,901	0,644	1,0	0,999	0,856
4	БелАЗ-7540	0,925	1,0	0,884	0,780	0,820	0,857	0,608	0,842
5	БелАЗ-75473	0,973	0,953	0,866	0,731	0,738	0,848	0,596	0,819
6	БелАЗ-7555	0,945	0,830	0,853	0,807	0,698	0,866	0,564	0,798
7	БелАЗ-7548	0,872	0,938	0,818	0,791	0,773	0,814	0,571	0,797
8	CAT 773 B	0,854	0,764	0,791	0,675	0,774	0,683	0,936	0,784
9	БелАЗ-75491	0,882	0,831	0,685	0,419	0,571	0,709	0,634	0,682
10	БелАЗ-75215	0,801	0,721	0,681	0,576	0,470	0,713	0,683	0,666
11	БелАЗ-7540B	0,756	0,787	0,598	0,629	0,614	0,700	0,496	0,657
12	БелАЗ-7548A	0,726	0,784	0,612	0,474	0,590	0,678	0,476	0,649
13	CAT 777 C	0,819	0,705	0,555	0,659	0,613	0,556	0,766	0,645
14	HD-1200	0,831	0,705	0,482	0,581	0,544	0,624	0,706	0,642
15	БелАЗ-75501	0,869	0,729	0,596	0,544	0,424	0,625	0,617	0,634
16	БелАЗ-75131	0,919	0,653	0,563	0,613	0,412	0,614	0,545	0,622
17	CAT 785 B	0,780	0,655	0,511	0,548	0,541	0,504	0,724	0,612
18	CAT 789 B	0,741	0,569	0,489	0,689	0,488	0,524	0,677	0,599
19	CAT 793 B	0,665	0,586	0,467	0,672	0,467	0,519	0,649	0,577
20	БелАЗ-7512	0,791	0,669	0,496	0,466	0,412	0,573	0,508	0,564
21	БелАЗ-75600	0,700	0,627	0,514	0,506	0,377	0,565	0,549	0,551
22	БелАЗ-7530	0,706	0,595	0,528	0,388	0,385	0,573	0,561	0,538

ных автосамосвалов (у всех 22 машин он выше значения 0,5). Средний технический уровень рассматриваемой группы составляет 0,695.

Следует отметить также, что технический уровень автосамосвалов БелАЗ и машин зарубежных фирм практически одинаков. Среднее значение обобщенного показателя технического уровня для рассмотренных зарубежных машин составляет 0,698 (для автосамосвалов БелАЗ - 0,693). Это означает, что с точки зрения совершенства конструктивных схем, наличия новых идей и решений автосамосвалы Белорусского автозавода практически не отличаются от зарубежных машин. Авторитет ведущих зарубежных фирм у потребителей достигается за счет, прежде всего, более высокой надежности и долговечности, эффективности технического обслуживания и эксплуатации, что, в свою очередь, является следствием применения современных методов и средств автоматического проектирования, широкого использования эффективных конструкционных материалов, новейших производственных технологий, современных систем управления и диагностики, последних достижений эргономики и дизайна.

Анализ расчета единичных показателей (см. таблицу) показывает, что автосамосвалы БелАЗ опережают зарубежные машины по удельной грузоподъемности m_{ep}^{yo} , по плотности компоновки ρ_k , по сравнительной материалоемкости (коэффициенту массы) k_M и по приведенному радиусу поворота R_{np} ; и отстают по запасу хода по топливу L_x , максимальной скорости движения ϑ_{max} и, особенно, по надежности (ресурсному пробегу) T_p .

Анализ диаграммы показателя $q_1 m_{ep}^{yo}$, характеризующего приспособленность автосамосвала к транспортированию грузов определенной насыпной массы, показывает, что, во-первых, и автосамосвалы БелАЗ, и зарубежные машины имеют очень высокие значения этого показателя. Общий технический уровень по этому показателю у всей рассматриваемой группы машин составляет 0,828. Во-вторых, автосамосвалы БелАЗ по этому показателю несколько превосходят машины зарубежных фирм (значения составляют соответственно 0,848 и 0,794; превышение 6,4%). Так как все рассматриваемые автосамосвалы – рудовозы, то автосамосвалы БелАЗ более приспособлены к перевозке тяжелых пород и руд, чем зарубежные. Это, очевидно, предусматривалось уже при проектировании, поскольку породные условия карьеров России и стран бывшего СССР, для которых они были, главным образом, предназначены, как правило, более тяжелые, чем на карьерах за рубежом.

Вторым показателем, по которому все автосамосвалы (и отечественные, и зарубежные) имеют высокие значения, является единичный показатель $q_2 \rho_k$, отражающий плотность компоновки автосамосвала (компактность) и эффективность использования этого параметра. Общий техниче-

ский уровень по этому показателю составляет 0,754; для автосамосвалов БелАЗ – 0,786; для зарубежных машин – 0,698 (превышение – 11,2%). Это, как и в предыдущем случае, означает, во-первых, что компоновка и отечественных, и зарубежных машин достаточно рациональна. Во-вторых, зарубежные автосамосвалы имеют несколько более «рыхлую» компоновку по сравнению с автосамосвалами БелАЗ. В-третьих, вопреки ожиданиям, значения показателя практически не зависят от типа трансмиссии, примененной на автомобиле, хотя, казалось бы, у автосамосвалов с электромеханической трансмиссией показатель плотности компоновки должен быть выше.

Анализ результатов расчета показателя $q_3 k_M$, отражающего соотношение фактической массы автосамосвала и типовой массы, рассчитанной для большой группы машин отечественного и зарубежного производства, и характеризующего эффективность использования этой массы при работе автосамосвала, свидетельствует, прежде всего, о том что собственная масса автосамосвалов достаточно высока и ее необходимо снижать. Причем, по этому показателю, как и по двум предыдущим, автосамосвалы БелАЗ даже несколько выигрывают. Общий технический уровень автосамосвалов БелАЗ по этому показателю составляет 0,692, что на 9,8% выше, чем у автосамосвалов зарубежного производства (0,624).

Последним показателем, по которому автосамосвалы БелАЗ превосходят зарубежные машины, является показатель $q_6 R_{np}$, отражающий соотношение минимального радиуса поворота и базы автосамосвала, и характеризующий эффективность использования маневренности машины. Это соотношение характеризует также и рациональность компоновки автосамосвала, по которому, как мы уже говорили, автосамосвалы Белорусского завода несколько превосходят зарубежные. Общий технический уровень автосамосвалов БелАЗ по этому показателю составляет 0,715; зарубежных машин – 0,653, при общем техническом уровне всей группы по этому показателю 0,692 (превышение 8,7%).

Из расчетов показателя $q_4 L_x$, характеризующего эффективность использования автономности хода, видно отставание автосамосвалов БелАЗ от зарубежных машин. Это свидетельствует, по-видимому, о том, что автосамосвалы БелАЗ имеют менее экономичные двигатели в сочетании с меньшими объемами топливных баков. При работе в карьере, когда среднесуточный пробег превышает запас хода по топливу, это приведет к необходимости дозаправки, а значит, к дополнительным потерям времени и, как следствие, к снижению эксплуатационной производительности.

Еще большее отставание у автосамосвалов БелАЗ от зарубежных автосамосвалов по показателю $q_5 \vartheta_{max}$, характеризующему динамические

свойства автосамосвалов. Отечественные автосамосвалы на 8,7% менее мобильны по сравнению с зарубежными машинами даже при большей энерговооруженности. Это можно объяснить, очевидно, менее качественным изготовлением деталей трансмиссии, что приводит к снижению ее КПД и потерям мощности при передаче ее от первичного двигателя к ведущим колесам.

Однако наиболее значительное отставание автосамосвалов БелАЗ от машин зарубежного производства имеет место по показателю $q_7 T_p$, характеризующему надежность и долговечность автосамосвала. Автосамосвалы БелАЗ являются в среднем на 27,5% менее долговечными, чем зарубежные машины, даже при больших значениях функционального критерия. Это объясняется опять же более высоким качеством изготовления зарубежных автосамосвалов, а также более высокими требованиями к надежности техники за рубежом.

Общий анализ результатов расчета единичных показателей показывает, что преобладающее влияние на их величину оказывает функциональный критерий, который, в свою очередь, как следует из [3], во многом определяется соотношением мощности двигателя автосамосвала и его грузоподъемности. Чем выше это соотношение, тем большую величину имеет функциональный критерий и тем выше значение соответствующего единичного показателя. Это означает, в конечном счете, что технически более совершенными оказываются те модели карьерных автосамосвалов, которые обладают большей энерговооруженностью.

Анализ показал также, что более высокие позиции в ранжированном списке занимают, как правило, автосамосвалы небольшой грузоподъемности, и более низкие – большегрузные машины. Исключение составляют лишь автосамосвал М-200, который несмотря на довольно высокую грузоподъемность (181,4 т) занимает 3-е место по обобщенному показателю, а также автосамосвалы БелАЗ-7540В и БелАЗ-7548А, которые имеют грузоподъемность соответственно 30 и 42 т, но занимают в списке лишь 11-е и 12-е места. Нетрудно заметить, что причиной этого является опять же более высокое значение энерговооруженности у автосамосвала М-200, чем у других машин близкой грузоподъемности, и тогда эта машина занимает и более высокое место; или меньшее значение этого показателя (автосамосвалы БелАЗ-7540В и БелАЗ-7548А), и тогда они опускаются по рангу вниз. Вообще надо отметить, что из двух модификаций автосамосвалов одной и той же модели, т.е. имеющих одну и ту же грузоподъемность, по обобщенному показателю технического уровня лучше та, которая обладает большей энерговооруженностью и меньшей собственной массой (меньшим коэффициентом тары). Такая си-

туация имеет место у автосамосвалов БелАЗ-75499 (первый в ранжированном списке) и БелАЗ-75491 (9 место), БелАЗ-7540 (4-я строка в списке) и БелАЗ-7540В (11 место), БелАЗ-7548 (7 место) и БелАЗ-7548А (12-й в списке).

То, что автосамосвалы большой грузоподъемности, несмотря на то, что прямое влияние грузоподъемности при определении технического уровня было исключено, имеют все-таки меньшие значения обобщенного показателя, чем автосамосвалы малой грузоподъемности, можно объяснить еще и тем, что техническая политика при создании новых машин все большей грузоподъемности, направленная на дальнейшую модернизацию уже имеющихся конструкций без существенных качественных изменений, себя изжила. При постоянном увеличении размеров машины, усложнении ее конструкции во все большей степени начинают проявлять себя масштабный фактор и системные эффекты. Изменение масштаба (размеров машины) в соответствии с системным подходом требует согласования с внешней средой, т.е. либо должно сопровождаться изменением параметров взаимодействующих с машиной объектов, либо качественными изменениями в самой машине. Как справедливо указывается в [4], нельзя бесконечно увеличивать размеры машины без изменения компоновки, применения новых конструкционных материалов, нового согласования параметров, и т.д. Эволюционный путь развития карьерного автотранспорта, принятый разработчиками, а также эмпиризм при проектировании также не даст серьезных качественных изменений в будущем. Как показывает анализ, энерговооруженность новых машин должна быть повышена, должна быть снижена собственная масса, повышена надежность и долговечность, сбалансираны параметры.

Необходимость обеспечения оптимальной сбалансированности параметров автосамосвалов подтверждается тем, что параметры машин, имеющих более высокий технический уровень, как показал анализ, более сбалансированы. Например, разброс значений единичных показателей технического уровня автосамосвала БелАЗ-75499, имеющего наибольший ранг, составляет $\pm 20,9\%$, а автосамосвала БелАЗ-75131, занимающего 16 место в ранжированном списке, $- \pm 41\%$. Такая же ситуация и с зарубежными машинами. Автосамосвал CAT 769 С, занимающий 2-е место в ранжированном списке, обладает разбросом значений $\pm 16,6\%$, а, например, автосамосвал HD-1200 (14-я позиция в списке) $- \pm 27,3\%$. Это означает, что оптимальная сбалансированность основных параметров карьерных автосамосвалов также повышает их технический уровень. Нужно отметить, что зарубежные машины по сбалансированности параметров превосходят автосамосвалы БелАЗ. Если разброс значений единичных показателей технического уровня для автосамосвалов БелАЗ составляет

ляет в среднем 27,8%, достигая в отдельных случаях (например, для автосамосвала БелАЗ-75131) до 48,9%, то тот же разброс значений у зарубежных машин составляет в среднем 21,3% при максимальном значении лишь 30% (у автосамосвала HD-1200). Таким образом, налицо еще одно подтверждение необходимости комплексного (системного) подхода к вопросам проектирования новой автотранспортной техники для открытых разработок.

Таким образом, анализ технического уровня карьерных автосамосвалов позволяет сделать вывод о том, что его повышение может быть достигнуто за счет разработки научно-обоснованных методов оптимального проектирования карьерных автосамосвалов, которые позволяют определить и оптимально сбалансировать их параметры. Решение этих вопросов может служить мощным средством повышения технического уровня вновь создаваемой автотранспортной техники для открытых разработок угольной промышленности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Солод Г.И. Основы квалиметрии. – М.: МГИ, 1991. – 94 с.
2. Воронов Ю.Е. Басманов С.В. Обоснование и определение показателей технического уровня карьерных автосамосвалов // Вестник КузГТУ. – 2006. - №4. – С. 53-59.
3. Воронов Ю.Е., Басманов С.В. К вопросу об оценке технического уровня карьерных автосамосвалов // Вестник КузГТУ. – 2006. - №1. – С. 129-131.
4. Карьерный автотранспорт: состояние и перспективы / П.Л. Мариев, А.А. Кулешов, А.Н. Егоров, И.В. Зырянов. – СПб: Элмор, 2004. – 427 с.

Автор статьи:

Воронов
Юрий Евгеньевич
- докт. техн. наук, проф., зав. каф.
«Автомобильные перевозки»

Басманов
Сергей Владимирович
– ведущий инженер отдела горнотранспортной техники и оборудования
ОАО «Южный Кузбасс», г. Междуреченск.