

ФОРМИРОВАНИЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОГО КЛАСТЕРА КАРЬЕРНЫХ САМОСВАЛОВ В РАМКАХ СОЮЗНОГО ГОСУДАРСТВА

Н.В. Кочетов

Основным видом транспорта, используемого в открытых карьерах, являются внедорожные самосвалы грузоподъемностью 23–345 т [1]. Сегодня их выпуском занимаются более 20 компаний, наиболее известные из которых: БелАЗ, Caterpillar, Komatsu.

Согласно российской концепции государственной политики в области промышленного автомобильного транспорта потребности российской экономики в грузовом транспорте будут покрываться за счет машин собственного производства. Однако потребности в большегрузных карьерных самосвалах будут по-прежнему покрываться БелАЗом [1].

В настоящее время продукция РУПП «БелАЗ» поставляется в страны СНГ и страны бывшего социалистического лагеря. Наблюдается постоянный экспорт самосвалов БелАЗи в страны дальнего зарубежья.

Всего поставки продукции «БелАЗ» осуществляются в 50 стран мира и составляют 30% мирового парка большегрузных карьерных самосвалов. Чтобы укрепить и расширить имеющиеся конкурентные позиции, необходимо использовать преимущества самосвалов «БелАЗ» по сравнению с конкурентами, оперативно устраняя их недостатки, что позволит определить способы совершенствования этих машин.

Сравнение конкурентных преимуществ большегрузных самосвалов «БелАЗ» на мировых рынках по некоторым технично-экономическим показателям

Ведущими фирмами, производящими самосвалы большой грузоподъемности (90–400 т) являются белорусское РУПП «БелАЗ», американская фирма «Caterpillar», японская фирма «Komatsu» [10; 12].

Согласно данным А.В. Закружного [4] «в последние годы активизировались исследования по поиску дополнительных физических критериев оценки эффективности

транспортных систем глубоких карьеров. Одним из таких критериев может быть величина удельных затрат на подъем 1 т горной массы из карьера, приведенных к первичным энергоресурсам – условному топливу. При этом «критериальная база оценки инвестиционных проектов долгосрочного формирования транспортных систем глубоких карьеров нуждается в дальнейшем совершенствовании и развитии».

В настоящей работе произведена оценка конкурентоспособности самосвалов рассматриваемых фирм грузоподъемностью свыше 90 т. На первом этапе оценка производилась по техническим характеристикам. Автором предлагается несколько критериев оценки, по возможности интегрированных.

Первая группа критериев

Отношение полезной нагрузки к общему весу груженой машины можно назвать его весовым КПД самосвала, или удельной нагрузкой η_v :

$$\eta_v = \frac{G}{M_0 + G},$$

где G – максимальная нагрузка самосвала, т;
 M_0 – масса ненагруженного автомобиля, т;
 $M = M_0 + G$ – максимальная общая масса груженого самосвала, т.

Удельная нагрузка η_v является безразмерной величиной. При домножении на 100% может выражаться в процентах. Значение η_v может изменяться от 0 до 1 (от 0 до 100%). Чем выше значение удельной нагрузки, тем производительнее самосвал.

Поскольку перемещение полезного груза происходит только в одном направлении (назад самосвал движется незагруженным), может быть рассчитан еще один показатель, более объективно отражающий степень использования самосвала. Назовем его

приведенной удельной нагрузкой. Значение этого показателя может быть определено из следующих рассуждений. Если транспортное плечо самосвала составляет L км, то в загруженном виде он преодолеет нагрузку E_n в т/км: $E_n = L(M_0 + G)$.

На обратном пути нагрузка составит $E_{хол}$ в т/км: $E_{хол} = L \cdot M_0$.

Общая нагрузка составит: $E = E_n + E_{хол} = L(2M_0 + G)$.

Полезная нагрузка составит всего: $E_G = L \cdot G$. Тогда приведенная удельная нагрузка составит:

$$\eta_{в-прив} = \frac{E_G}{E} = \frac{G}{2M_0 + G}$$

В таблице 1 представлены удельная и приведенная удельная нагрузки для большегрузных самосвалов.

Таблица 1 – Удельная нагрузка и приведенная удельная нагрузка большегрузных автомобилей

Грузоподъемность	Фирма	Модель	Масса ненагруженной машины, т	Удельная нагрузка	Приведенная удельная нагрузка
G	–	–	M_0	$f E_n$	$f E_{в-прив}$
120	БелАЗ	БелАЗ-7514	95,0	0,56	0,387
136	БелАЗ	БелАЗ-7513	107,1	0,56	0,388
220	БелАЗ	БелАЗ-75306	156,1	0,58	0,413
320	БелАЗ	БелАЗ-75600	240,0	0,57	0,400
136	Caterpillar	785C	101,3	0,57	0,402
177	Caterpillar	789C	160,5	0,52	0,355
218	Caterpillar	793D	165,7	0,57	0,397
345	Caterpillar	797B	278,7	0,55	0,382
91	Komatsu	HD785-5	66,9	0,58	0,405
186	Komatsu	730E	138,4	0,57	0,402
231	Komatsu	830E	158,2	0,59	0,422
290	Komatsu	930E	202,1	0,58	0,418

Расчитано по материалам источников [6], [8], [9].

Анализ удельной нагрузки показывает, что значение этого показателя имеет относительно небольшой разброс от 0,52 до 0,59, т.е. 13,5%. Причем этот разброс не связан с какой-либо фирмой-производителем. Для фирмы Caterpillar это параметр изменяется значительно: от 0,52 до 0,57. Несколько выше этот параметр у фирмы Komatsu: от 0,57 до 0,59. У БелАЗа этот параметр имеет значение от 0,56 до 0,58. По сравнению с конкурентами этот параметр отечественного самосвала является средним.

Разброс значений приведенной удельной нагрузки будет больше, чем для удельной нагрузки и составит порядка 18,9%. Это свидетельствует о том, что увеличение удельной нагрузки ведет к непропорционально повышенному росту полезной отдачи от функционирования самосвала. Следовательно, для оценки конкурентоспособности машины необходимо отслеживать показатели удельной и приведенной удельной нагрузки.

Анализ цифр в таблице 1 говорит о том, что не просматривается устойчивой тенденции

к росту этого параметра по мере появления новых моделей. Это не позволяет в должной степени повысить эффективность самосвалов и диагностировать их конкурентоспособность уже на стадии проектирования.

Незначительность разбросов параметров удельной и приведенной удельной нагрузки – результат того, что конструкции самосвалов претерпели многолетнюю эволюцию и достигли своего совершенства. Такой вывод делается разными экспертами: «Считается, что «революционный период» в создании большегрузных самосвалов в целом закончился. При этом основные компоновочные схемы отработаны, принципиальные конструктивно-технологические решения по основным узлам практически одинаковы для моделей, выпускаемых различными фирмами» [4].

Логично предположить, что существенное изменение рассматриваемых показателей возможно только в следующих случаях:

– в случае снижения мощности двигателя, а следовательно, и скорости перемещения груза;

- появления принципиально нового двигателя с большей удельной мощностью;
- появления новых, более прочных материалов, позволяющих снизить массу агрегатов самосвала при сохранении других характеристик;
- появления новых принципов действия трансмиссии.

Интересно отметить, что у Caterpillar модель 789С явно проигрывала по этому параметру предыдущей модели 785С и последующим моделям 793D и 797В, что позволяет говорить о меньшей эксплуатационной экономичности модели 789С.

Однако масса автомобиля не может быть меньше значения, соответствующего мощности двигателя, силовых и других агрегатов автомобиля. Иначе говоря, увеличение удельной нагрузки возможно только путем снижения мощности двигателя и, следовательно, скоростных качеств самосвала или путем совершенствования конструкции автомобиля: двигателя, силовых агрегатов, рамы и других узлов.

Поскольку скоростные качества самосвала вступают в противоречие с показателем удельной нагрузки, целесообразно ввести интегральный критерий, учитывающий обе

характеристики. Для комплексной оценки влияния обоих показателей на конкурентные свойства большегрузных самосвалов предлагается еще один критерий оценки конкурентных свойств большегрузных самосвалов – интегральный динамический показатель.

Второй критерий – интегральный динамический показатель D. Его значение можно найти по формуле:

$$D = \eta_{в-прив} \cdot V,$$

где V – максимальная скорость передвижения самосвала с полной нагрузкой, км/час.

Исходя из формулы размерность рассматриваемого показателя будет выражаться в км в час. Расчетные значения интегрального динамического показателя приведены в таблице 2.

По этому показателю конкурентоспособности самосвалы БелАЗ несколько отстают от конкурентов, но в последней модели положение выправилось. Как видим, рост этого показателя имел место и у конкурентов БелАЗа – Caterpillar и Komatsu, что объясняется повышением динамических качеств всех самосвалов. В целом БелАЗ находится в пределах коридора конкурентоспособности по динамическим качествам.

Таблица 2 – Интегральный динамический показатель для большегрузных самосвалов

Грузоподъемность, т	Фирма	Модель	Номер в модельном ряду	Масса машины, т	Мощность двигателя, кВт	Скорость, км/час	Приведенная удельная нагрузка	Интегральный динамический показатель, т·км/кВт/час
G	–	–	N	M ₀	P	V	$\eta_{в-прив}$	D
120	БелАЗ	БелАЗ-7514	1	95,0	1029	45,0	0,387	17,4
136	БелАЗ	БелАЗ-7513	2	107,1	1194	50,0	0,388	19,6
220	БелАЗ	БелАЗ-75306	3	156,1	1716	45,0	0,413	17,5
320	БелАЗ	БелАЗ-75600	4	240,0	2536	64,0	0,400	26,4
136	Caterpillar	785С	1	101,3	1005	54,8	0,402	22,0
177	Caterpillar	789С	2	160,5	1320	52,6	0,355	18,7
218	Caterpillar	793D	3	165,7	1743	54,3	0,397	21,6
345	Caterpillar	797В	4	278,7	2513	67,6	0,382	25,8
91	Komatsu	HD785-5	1	66,9	783	65,0	0,405	26,3
186	Komatsu	730E	2	138,4	1388	55,7	0,402	22,4
231	Komatsu	830E	3	158,2	1761	48,8	0,422	20,6
290	Komatsu	930E	4	202,1	2014	64,3	0,418	26,9

Рассчитано по материалам источников [6],[8],[9].

Следующим показателем конкурентоспособности самосвалов является способность перемещать полезный груз на единицу затрат энергии.

Третий критерий – интегральный показатель работоспособности. Этот параметр отражает способность перемещать полезный груз на единицу затрат энергии. Если предыдущий показатель касался динамических качеств, то третий показатель будет отражать экономичность самосвала в условиях эксплуатации. Обозначим его ε :

$$\varepsilon = \frac{G \cdot V}{P},$$

где P – мощность двигателя самосвала.

Таблица 3 – Интегральный показатель работоспособности большегрузных самосвалов

Грузоподъемность, т	Фирма	Модель	Номер в модельном ряду	Масса машины, т	Мощность двигателя, кВт	Скорость, км/час	Интегральный показатель работоспособности, т·км/кВт·час
G	-	-	N	M ₀	P	V	ε
120	БелАЗ	БелАЗ-7514	1	95,0	1029	45,0	5,25
136	БелАЗ	БелАЗ-7513	2	107,1	1194	50,0	5,70
220	БелАЗ	БелАЗ-75306	3	156,1	1716	45,0	5,77
320	БелАЗ	БелАЗ-75600	4	240,0	2536	64,0	8,08
136	Caterpillar	785C	1	101,3	1005	54,8	7,42
177	Caterpillar	789C	2	160,5	1320	52,6	7,05
218	Caterpillar	793D	3	165,7	1743	54,3	6,79
345	Caterpillar	797B	4	278,7	2513	67,6	9,28
91	Komatsu	HD785-5	1	66,9	783	65,0	7,55
186	Komatsu	730E	2	138,4	1388	55,7	7,46
231	Komatsu	830E	3	158,2	1761	48,8	6,40
290	Komatsu	930E	4	202,1	2014	64,3	9,30

Расчитано по материалам источников [6], [8], [9].

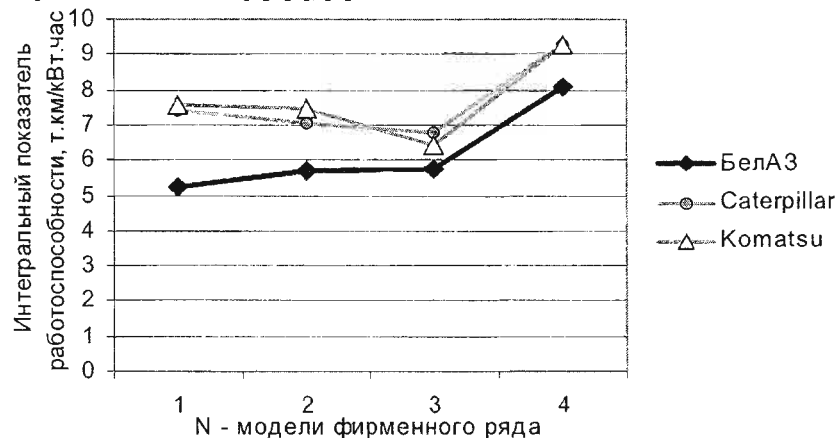


Рисунок – Динамика интегрального показателя работоспособности (ε) для модельных рядов самосвалов ведущих фирм-производителей [Номер модели фирменного ряда N и значения ε см. в таблице 3]

Из анализа данного показателя видно, что наиболее экономичные по этому критерию являются самосвалы фирмы Komatsu. Несколько отстает продукция фирмы Caterpillar. Самосвалы БелАЗ по этому показателю несколько отстают от своих конкурентов.

Как видно из графиков, общая тенденция проявляется в том, что последние наиболее мощные машины, значительно повысили этот показатель. Лидирует в этом процессе японская фирма Komatsu. Неплохие шансы догнать своих конкурентов имеются и у самосвалов БелАЗ.

Рассмотренные критерии оценки большегрузных самосвалов отражают не все стороны конкурентоспособности. Многие качества проявляются и могут быть оценены только в течение длительной эксплуатации.

Например, экономичность обслуживания и поддержания самосвалов в работоспособном состоянии. По этому критерию наиболее затратными являются самосвалы фирмы Komatsu, в то время как самосвалы БелАЗ оказались наиболее выгодными [3].

Другим серьезным преимуществом самосвалов БелАЗ является лучшая приспособленность к тяжелым климатическим условиям северных регионов. Это преимущество наиболее заметно появилось в российских регионах Сибири и Дальнего Востока [2, 6]. При этом поддерживается высокий коэффициент технической готовности на уровне 0,92–0,98 [1].

Ценовое преимущество БелАЗа в значительной степени нивелируется сокращенным сроком среднего пробега автомобиля. При цене ниже, чем у конкурентов в 2–2,5 раза [6], пробег составляет порядка 400 тыс. км, тогда как у самосвалов фирмы Caterpillar он составляет порядка 800 тыс. км, а для техники Komatsu – порядка 1 млн км [12].

Выводы и рекомендации по развитию конкурентоспособности производственного кластера большегрузных карьерных самосвалов в Республике Беларусь

Как уже говорилось основным потребителями самосвалов БелАЗ являются страны бывшего Советского Союза, в первую очередь, Российская Федерация, на долю которой приходится более 70% экспорта этого вида техники.

Анализ показывает [4, 10, 11], что большое значение для снижения эксплуатационных издержек имеет послепродажный сервис большегрузной техники. Высокий уровень сервиса должен быть обеспечен квалифицированными специалистами и своевременным обеспечением их всем необходимым для выполнения

работ по обслуживанию непосредственно в местах эксплуатации самосвалов.

Пока отечественное производство этого вида продукции носит фрагментарный характер: на предприятии производится сборка автомобилей из импортируемых агрегатов и составляющих: двигателей, трансмиссии, отдельных механических и гидравлических узлов, систем электронного управления. Планируется, что двигатели и другие агрегаты будут поставляться из Российской Федерации. Но они еще не могут в полной мере удовлетворить БелАЗ по их конкурентным характеристикам. Как результат, большую долю добавленной стоимости мы вынуждены оставлять поставщикам агрегатов из дальнего зарубежья.

Есть и другой аспект, не менее важный для повышения конкурентоспособности отечественной продукции: мы целиком зависим от иностранных поставщиков, что чревато скрытой угрозой бесперебойности производства большегрузной техники.

Стратегическая задача – постепенный переход на комплектующие отечественного производства, без ущерба для качества продукции БелАЗа. В республике налажено производство двигателей, подшипников, строительной и дорожной техники, автомобильных шин, гидро- и электроаппаратуры для автомобилей, вычислительной техники и электронных компонентов.

Многие из этих производств не удовлетворяют требованиям БелАЗа. Однако анализируя зарубежные аналоги, отечественные предприятия должны стремиться преодолеть отставание, благо, что уже есть активный отечественный потребитель качественной продукции.

Снижение массы большегрузного автомобиля может быть достигнуто применением высокопрочных конструкционных материалов. Необходимо совершенствовать и саму геометрию автомобиля, например, использование лекальных профилей кузова для увеличения его вместимости, рамную структуру ребер жесткости для снижения их веса и увеличения сопротивления деформациям. Снижение динамических нагрузок на внутреннюю поверхность кузова может быть достигнуто поглощающим покрытием, например, резиной, эластичным полимером. Это позволит дополнительно снизить металлоемкость кузова.

Снижение металлоемкости поможет не только экономить на металле, но и снижать эксплуатационные расходы, связанные с транспортировкой избыточного металла, заложеного в конструкции автомобиля.

В области маркетинговой политики БелАЗа важнейшей задачей является сохранение

расширяющегося рынка ближнего зарубежья (Россия, Украина, Казахстан, Узбекистан). По данным российских экспертов [1] к 2010 г. потребность в большегрузных машинах значительно возрастет, поскольку прогнозируется двукратный рост производства в горнодобывающих отраслях стран СНГ.

Вместе с тем появляются новые рынки сбыта: бурно растущие экономики Китая, Индии,

Мексика, Бразилии, Чили, Австралии, Ирана, Кубы, Сирии, Египта и других крупных добывающих стран предполагают использование всех видов карьерной техники.

В результате выполнения предлагаемого в данных рекомендациях комплекса работ, будет получен единый кластер производства конкурентоспособных большегрузных автомобилей в Республике Беларусь.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бахтурин, Ю.А.* Современное состояние карьерного транспорта. Коммерция: услуги, товары / Ю.А. Бахтурин // *Новости*, 2007. [Электрон. ресурс]. – 20 октября 2007 г. – Режим доступа: www.aoj.ru.
2. *Варченко, В.Г.* Анализ влияния дорожно-климатических условий на эксплуатационный срок службы шин / В.Г. Варченко, В.П. Кубраков // *Современные проблемы транспорта: межвузовский научный сборник*. – Саратов: Изд-во СГТУ, 2000. – С. 41–42.
3. *Градович, В.* Новости про БелАЗ / В. Градович. [Электрон. ресурс] – 20 октября 2007 г. – Режим доступа: <http://www.rbcdaily.ru/news/company/index.shtml?2003/08/04/43485>
4. *Закружный, А.В.* Эксплуатация и сервисное обеспечение техники «БелАЗ» в Приморье / А.В. Закружный // *Горный журнал*. – 2004 – Спец. вып.: ПО «БелАЗ» – крупнейший производитель карьер. техн. – С. 64–65.
5. *Зырянов, И.В.* Эффективность карьерных автосамосвалов с электрическим и механическим приводами для условий карьера «Удачный» / И.В. Зырянов, В.М. Богатырев, Е.А. Потапова // *Записки С.-Петербург. горн. института*. 1995. 141, с. 76–83.
6. *Новости про БелАЗ*. [Электрон. ресурс] - 20 октября 2007 г. – Режим доступа: <http://www.rbcdaily.ru/news/company/>
7. *Петров, В.Ф.* Опыт эксплуатации большегрузных самосвалов БелАЗ / В.Ф. Петров. – 2004. – Спец. вып.: ПО «БелАЗ» – крупнейший производитель карьер. техн. – С. 70–72.
8. *Продукция фирмы Caterpillar*/ [Электрон. ресурс] – 20 октября 2007 г. – Режим доступа: <http://cat.com/>
9. *Продукция фирмы Komatsu*. [Электрон. ресурс] – 20 октября 2007 г. – Режим доступа: <http://www.komatsu.com/>
10. *Ременцов, А.Н.* Особенности эксплуатации автомобилей-самосвалов в условиях Крайнего Севера: материалы 62-й научно-методической и научно-исследовательской конференции МАДИ-ГТУ. Москва, 27–29 янв., 2004. / А.Н. Ременцов. – М.: Изд-во МАДИ (ГТУ), 2004. – С. 20–22.
11. *Шевелев, И.Н.* Самосвалы БелАЗ в угольных разрезах Кузбасса – эксплуатация и обслуживание / И.Н. Шевелев // *Горный журнал*. – 2004. – Спец. вып.: ПО «БелАЗ» – крупнейший производитель карьерной техники. – С. 66–67.
12. *Штребель, В.А.* Эксплуатация самосвалов БелАЗ в СП «Эрдэнэт» / В.А. Штребель // *Горный журнал*. – 2004. – Спец. вып.: ПО «БелАЗ» – крупнейший производитель карьер. техн. – С. 74–75.

РЕЗЮМЕ

В статье предложено несколько критериев оценки конкурентоспособности большегрузных карьерных самосвалов БелАЗ. Каждый критерий отражает определенную сторону конкурентоспособности самосвала, имеет количественное выражение и рассчитывается на основе технических характеристик, что удобно для оценки. На основе предложенных критериев дан сравнительный анализ продукции ведущих производителей карьерной техники: БелАЗ, Caterpillar и Komatsu. На основе анализа выявлены определенные мировые тенденции развития большегрузных самосвалов и даны рекомендации по повышению конкурентоспособности продукции «БелАЗ».

* Статья поступила в редакцию 9 апреля 2008 г.