Записки Санкт-Петербургского горного института им.Г.В.Плеханова.
Т. 141. СПб, 1995

УДК 622.6(571.56)

И.В.ЗЫРЯНОВ, В.М.БОГАТЫРЕВ, Е.А.ПОТАПОВА

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ И МЕХАНИЧЕСКИМ ПРИВОДАМИ ДЛЯ УСЛОВИЙ КАРЬЕРА "УДАЧНЫЙ"

Тенденцией, превалирующей в последние десятилетия в развитии карьерного автотранспорта, является увеличение грузоподъемности машин и их надежности с целью уменьшения стоимостных показателей перевозок. Однако по мере возрастания параметров машин возникают ограничения по тем или иным узлам. В последние годы появились машины грузоподъемностью 216 т с электроприводом. Благодаря применению оригинальных технических решений, более совершенных сплавов, новых конструкций подшипников, тормозных систем и электронных устройств создано семейство большегрузных самосвалов с механическим приводом с максимальной грузоподъемностью 217 т.

Каждый из типов самосвалов имеет свои преимущества в определенных условиях эксплуатации. И хотя сравнения машин с электрической и механической трансмиссиями проводились в 1963 г., когда фирмы "General Electric" и "Unit Rig" выпустили автосамосвал М 85 грузоподъемностью 76 т с электрической трансмиссией, окончательные выводы еще не сформулированы. Кроме того, по данному вопросу порой встречается противоречивая информация. Известно, что самосвалы с механическим приводом более эффективны при работе на больших и малых скоростях, малоэффективны на крутых подъемах. При этом одновременно сообщается, что фирма "Катерпиллер" провела ряд испытаний машин в разных регионах Северной Америки Cat -785 (136 т) и Cat-789 (170 т) с аналогами с электроприводом и установила, что КПД силовой передачи самосвалов Cat находится в пределах 80-85 %, с электроприводами (модели 120c, 170*D*, 190*D*, 630E, 33-15C, R170) - не превышает 78 %.

В системах с электроприводом пик эффективности в 78 % достигается только в пределах одной точки - обычно при общем сопротивлении подъему, равному сумме сопротивления подъема и сопротивления качению (5-6 %). По обеим же сторонам от этой точки эффективность машин с электроприводом падает.

Указанные противоречия, по нашему мнению, вызваны тем, что количественное сравнение машин с различными типами трансмиссий выполняют по одному или нескольким параметрам (среднетехническая скорость, удельный расход топлива), а комплексная оценка для конкретных условий эксплуатации с достаточно представительной выборкой не проводилась.

Вопрос сравнительной эффективности карьерных автомобилей - самосвалов одного класса грузоподъемности, но с разными типами приводов, является весьма актуальным для условий Удачнинского горно-добывающего комбината акционерной компании "Алмазы России-Саха". Коренное алмазоносное месторождение трубки "Удачная" разрабатывается карьером глубинного типа, имеющего форму усеченного конуса глубиной 400-450 м и с основаниями 1000-1600 х 1200 х х 2000 м по диагонали. Минимальная температура воздуха -58 °С, расстояние транспортирования до 7 км. При этом ежегодная величина средневзвешенного уклона на УГОКе равна 50-60 ‰ и, как следствие, время движения машин в груженом направлении составляет до 65 % времени транспортного цикла.

Перед специалистами ГОКа и компании стоит задача выбора наиболее эффективного типа машин, так как эксплуатация различных моделей самосвалов создает определенные трудности при их работе, техническом обслуживании и ремонте. В настоящее время на УГОКе эксплуатируется три модели автосамосвалов особо большой грузоподъемности (см. табл.1): с 1979 г. - HD-1200 грузоподъемностью 120 т), с 1986 г. - БелАЗ-75191 грузоподъемностью 110 т, с 1988 г. - Cat-785 грузоподъемностью 136 т.

В первый год эксплуатации наибольшая производительность наблюдалась у автосамосвалов HD-1200. Себестоимость транспортирования горной массы в первые два года эксплуатации несколько выше, чем у БелАЗ-75191. В последующие периоды эксплуатации производительность автомобилей HD-1200 снижалась, но более медленными темпами, чем у самосвалов БелАЗ-75191 и Cat -785. За пять лет эксплуатации производительность HD-1200 снизилась на 40 %, БелАЗ-75191 - на 70 %, а Cat -785 на 21 % уже в конце второго года эксплуатации, что соответствует среднегодовым темпам снижения на 6,6; 10 и 10,5 % соответственно.

Одной из причин низких показателей автосамосвалов БелАЗ, по нашему мнению, является несоответствие тяговых характеристик машин горно-техническим условиям карьера "Удачный", что приводит к частым отказам силового модуля низковольтной и высоковольтной аппаратуры. В летний период при транспортировании породы с нижних горизонтов автосамосвал за рейс останавливался до четырех раз из-за перегрева тяговых двигателей. В зимний период, когда температура на УГОКе ниже -40 °С держится в среднем более двух месяцев в году, наблюдаются преждевременные отказы металлоконструкций - рам, корпусов бортовых редукторов, реактивных штанг.

Более чем десятилетний опыт работы автосамосвалов фирмы "Комацу" в условиях УГОКа выявил, что такие узлы, как двигатель, рама, генератор, подъемный механизм, подвески, показали высокую работоспособность. При этом платформа, тормоза, моторколеса, аварийное рулевое управление, система охлаждения не выдерживают экстремальных условий алмазоносных месторождений Якутии. В летний период при работе на глубинах до 300 м наблюдались также перегрузки тяговых электродвигателей, что и предопределило проведение испытания автомобиля - самосвала HD-1200 Deep, предназначенного для работы на глубоких карьерах (табл.1).

Таблица 1

Предельная высота подъема горной массы автосамосвалами[x]

Температура окружающей среды, °С	HD-1200		HD-1200 Deep	
	Длина транспортирования, м	Высота подъема, м	Длина транспортирования, м	Высота подъема, м
15	12500	1000	∞	∞
25	10000	800	∞	∞
35	7500	600	∞	∞

[x] Самосвал "Komatsu" HD-1200 Deep с нормированной полезной нагрузкой 120 т и максимальной 136 т.

Работа 26 самосвалов Cat-785 с учетом соблюдений рекомендаций фирмы по ремонту и обслуживанию машин при наработке 12-14 тыс. моточасов выявила следующие проблемы: неисправность гидравлических шлангов, разрушение подшипников бортовых редукторов, течь сальников подвесок, обрывы бортов крепления головок блока и утечка масла с двигателя, а также недолговечность дифференциала (перепускание масла из коробки передач в задний мост) и др.

Кроме того, из-за отсутствия достаточного комплекта импортных шин (шины фирмы "Бриджетоун" рассчитаны на погрузку 40 т) на задние колеса автосамосвалов HD-1200 и Cat-785 устанавливали шины Бобруйского завода с допустимой нагрузкой на шины 32,5 т, что вызвало увеличение их перегрузки, а следовательно, снижение ходимости и их повышенный расход более чем в два раза (БелАЗ-7519 - 33,8 тыс.км, HD-1200 - 30,7 тыс.км, Cat-785 - 13,2 тыс.км). С целью обеспечения допустимой нагрузки на шины грузоподъемность Cat-785 снижена до 119 т, что в конечном итоге отразилось на производительности машины в условиях УГОКа.

Наиболее значимыми при оценке производительности автосамосвалов являются коэффициент технической готовности, характеризующий сходы и своевременное восстановление работоспособности автомобилей, и среднетехническая скорость движения, позволяющая оценить эксплуатационные свойства автомобиля и приспособленность к условиям эксплуатации.

Среднетехническая скорость HD-1200 в среднем на 13 % больше, чем у БелАЗ-7519I, и находится на одном уровне с автосамосвалами Cat-785 (15-16 км/ч). Коэффициент технической готовности наиболее высокий и стабильный достигнут в первые четыре года эксплуатации автосамосвалами HD-1200. В первый год эксплуатации он равен аналогичному показателю автосамосвалов Cat-785, однако если произвести более детальный анализ этого показателя в зависимости от пробега с начала эксплуатации, то наблюдается более резкое снижение коэффициента для автомобилей Cat-785, чем для HD-1200 (см. рисунок). На этот показатель основное влияние оказы-

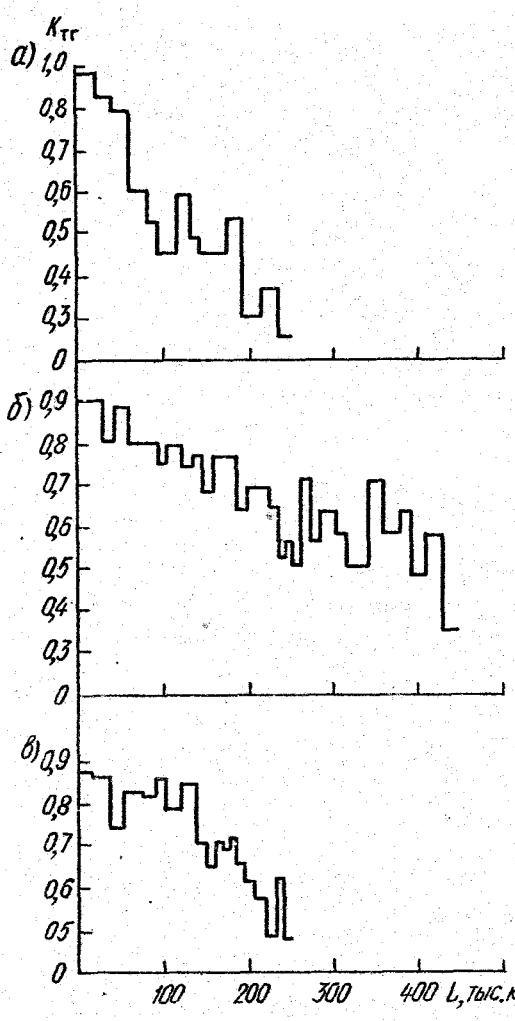


График изменения коэффициента технической готовности карьерных автосамосвалов на Удачнинском ГОКе в зависимости от пробега: а – БелАЗ-75191; б – НД-1200; в – Cat -785

вает обеспеченность машин запасными частями и постами для ремонтов. Для обеспечения запасными частями с учетом ограничений валютных средств возникает необходимость их изготовления в ремонтно-специализированном управлении (РССУ). Из 400 наименований необходимых запасных частей для HD-1200 РССУ может изготавливать 150, а для Cat-785 – 15. Кроме того, расход запасных частей за два года эксплуатации на один среднесписочный самосвал HD-1200 в денежном выражении меньше на 25 %, чем для Cat-785.

Установлено, что основными факторами снижения производительности автосамосвалов являются их срок службы и горно-технические условия (дороги, уклоны, влияющие на увеличение количества отказов узлов, систем машин, а также времени ремонтов автомобилей. Среднегодовые простои в ремонте, приходящиеся на один автомобиль, составили: БелАЗ-75191 – 36, HD-1200 – 19,5, Cat-785 – 35 дней.

Экономический анализ, проведенный за 6 лет эксплуатации автомобилей HD-1200, БелАЗ-75191, Cat-785 (с 1987 г.), показал, что при одинаковом сроке эксплуатации (до трех лет) более низкая себестоимость перевозок горной массы достигнута автосамосвалами БелАЗ-75191, в последующие годы себестоимость перевозок автосамосвалами HD-1200 была ниже, чем у БелАЗ-75191. За рассматриваемый период автосамосвалы БелАЗ-75191 обновились полностью (средний срок службы одного автомобиля БелАЗ-75191 до трех лет), автомобили HD-1200 не обновлялись и даже одновременно с контрольной партией 10 автомобилей эксплуатировались со сроком службы 5–12 лет, поэтому необходимо учитывать капитальные вложения на приобретение автомобилей БелАЗ-75191 взамен списанных.

На основании изложенного окончательную оценку эффективности эксплуатируемых в настоящее время автосамосвалов производить по величине себестоимости транспортирования горной массы не представляется возможным.

Для сравнения и количественной оценки эффективности использования конкретного типа автосамосвала предлагается использовать методику расчета приведенных затрат с учетом фактического срока службы автосамосвалов с ориентацией на максимальный срок службы одной из рассматриваемых машин. При этом приведенные затраты на перевозку горной массы рассчитываются по формуле

$$З П_{1ткм} = \frac{\left(\sum_{i=1}^{t} К_i + \sum_{i=1}^{t} Э_i\right)}{\sum_{i=1}^{t} V_{т_i}},$$

где $К_i$, $Э_i$ – капитальные, эксплуатационные затраты, соответственно, в i-й год эксплуатации, руб.; $V_{т_i}$ – годовой грузооборот, ткм; t – количество лет в сравниваемом варианте;

$$\sum_{i=1}^{t} К_i = \left(\sum_{i=1}^{t} N_i Ц_i + \sum_{j=n}^{t} N_j Ц_j\right) Е_н;$$

N_i, N_j – автомобили, вышедшие из эксплуатации (списанные) в i-й год и работающие в t-м году, шт.; $Ц_i, Ц_j$ – цена приобретенных автомобилей, вышедших из эксплуатации и эксплуатируемых, руб.; $Е_н$ – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений новой техники.

Расчеты, произведенные по приведенной формуле, приведены в табл.2.

Анализ структуры затрат на транспортирование горной массы (табл.3) автосамосвалами показывает, что тенденция сохранения наиболее низкой себестоимости перевозок автомобилями HD-1200 объясняется меньшим удельным весом затрат на восстановление шин (9–15 %) и проведение технического обслуживания и ремонта автомобилей (10–24 %) по сравнению с аналогичными статьями затрат в себестоимости транспортирования автосамосвалами БелАЗ-7519I (16–32 %) и Cat-785 (10–13 %).

Начиная с 1991 г. при вводе в эксплуатацию 25 американских автосамосвалов Cat-785 и введении рыночных цен на топливо, шины и отечественные запасные части, наиболее низкая себестоимость сложилась при перевозке горной массы автосамосвалами Cat-785 грузоподъемностью 136 т; эта тенденция сохранилась и в 1992 г. Такая ситуация возникла из-за невозможности сравнения затрат на эксплуатационные материалы и запасные части в сопоставимых ценах и возрастного состава других марок автомобилей (БелАЗ-7519I, HD-1200).

Таблица 2

Результаты расчета экономической эффективности и приведенных затрат на транспортирование горной массы автосамосвалами НД-1200, БелАЗ-75191 на карьере "Удачный" за 6 лет

Показатели	Марка автосамосвалов	
	БелАЗ-75191	HD-1200
Грузооборот, млн.ткм	375,0	375,0
Среднегодовая производительность на 1 автотонну (за 6 лет HD-1200, за 3 года БелАЗ-75191), ткм	15809	30970
Себестоимость 1 ткм, усл.ед.	33,56	34,09
Эксплуатационные затраты за 6 лет, усл.ед.	125831,5	127825,0
Среднегодовая потребность автомобилей, шт.	36	17
Количество приобретенных автомобилей за сравниваемый период, шт.	86	17
В том числе списанных, x шт.	50	17
Цена 1 автомобиля (в ценах 1987-1990 гг.), тыс.руб.	528,0	881,9
Капитальные затраты на приобретение автомобилей, усл.ед.	28680	14992,3
Приведенные затраты, усл.ед.	1545115	142817,3
Удельно-приведенные затраты, усл.ед.	41,20	38,08
Экономическая эффективность на 1 ткм, усл.ед.	-	3,12

x Количество списанных автомобилей принято согласно отчету о наличии и списании автотранспорта АТТ-3 Удачнинского ГОКа.

Выводы

I. В связи с постоянным совершенствованием карьерных автосамосвалов с механическим и электрическим приводами однозначное предпочтение какому-то одному типу в настоящее время отдать весьма затруднительно. Выбор типа наиболее эффективных самосвалов должен осуществляться на основе детального анализа результатов их эксплуатации применительно к конкретным карьерам. При этом приоритетными направлениями являются вопросы соответствующей организации и проведения технического обслуживания и ремонта.

2. Годовая производительность автосамосвалов, эксплуатируемых на карьере "Удачный", с увеличением срока службы уменьшается с различной степенью интенсивности: БелАЗ-75191 в среднем на I2 % (в последний, третий год на 20 %), HD-1200 на 5 % (в последний, шестой год на I7 %), Cat-785 на I0 % в первые два года эксплуатации, что необходимо учитывать при планировании горных работ и разработке графика ввода-списания машин.

Таблица 3

Изменение структуры затрат на транспортирование горной массы большегрузными автосамосвалами БелАЗ-75191, HD-1200, Cat-785 на карьере трубки "Удачная" (в процентах)

Статьи затрат	1986	1987		1988			1989			1990			1991			1992		
	БелАЗ	БелАЗ	HD	БелАЗ	HD	Cat	БелАЗ	HD	Cat	БелАЗ	HD	Cat	БелАЗ	HD	Cat	БелАЗ	HD	Cat
Зарплата	8	6	10	7	5	24	7	5	9	6	6	7	10	12	14	4	7	7,5
Топливо	9	6	13	11	7	9	6	5	5	12	11	7	6	7	7	13	26	27
Смазочные материалы	2	3	3	2	-	-	2	1	0,2	1	1	2	1	2	2	0,5	0,5	0,5
Износ шин	32	16	15	10	14	12	16	16	3,8	12	13	5	4	7	20	0,5	2,5	1
То и ТР	10	25	10	23	24	12	23	24	23	30	22	29	42	35	23	34	22	18
Амортизация	27	15	38	29	36	-	27	34	33	19	31	25	6	2	11	2	1	8
Накладные расходы	12	15	11	18	13	42	31	15	25	20	15	25	31	35	23	46	40	38
Итого себестоимость	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

3. Учитывая, что наименьшая себестоимость транспортирования горной массы в первые три года эксплуатации на УГОКе была у автосамосвалов БелАЗ-75191 (HD-1200 на 15 % больше), при сроке службы в 2-3 раза меньшем, сравнение экономической эффективности машин следует выполнять по критерию минимума приведенных затрат, за несколько лет учитывающего фактические пробеги самосвалов до списания, отнесенные к одному объему транспортной работы (суммарному грузообороту).

4. Сравнительный анализ в условиях УГОКа автосамосвалов БелАЗ-75191 и HD-1200 показал эффективность последних (удельно-приведенные затраты на транспортирование при равных объемах транспортной работы на 8 % меньше).

Опыт эксплуатации самосвалов HD-1200 (13 лет) и Cat-785 (2 года) свидетельствует, что по таким показателям, как производительность, коэффициент технической готовности, себестоимость транспортирования, и тенденции их изменения - при одинаковом сроке службы машин - предпочтительнее самосвалы с электроприводом фирмы "Комацу".