

УДК 622.684

И. А. Паначев, И. В. Кузнецов

ПРЕДЕЛЬНО-ДОПУСКАЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ БОЛЬШЕГРУЗНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ ПО КРИТЕРИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ

Ресурс узлов и элементов конструкций большегрузных автосамосвалов при открытом способе разработки угольных месторождений существенно зависит от горнотехнологических условий их эксплуатации. В процессе разработки месторождения возрастает глубина разреза, увеличивается количество подъемов и спусков, уменьшаются радиусы разворотов автомобилей и, в целом, усложняются условия их эксплуатации, что в итоге и определяет интенсивность нагружения подвески автомобилей, их рамы и кузова, дизель-генератора, редуктора мотор-колеса и других узлов автосамосвала, приводящая к незапланированным простоям большегрузных автосамосвалов. Эти узлы испытывают усталостное нагружение. При переменных напряжениях расчет на усталость выполняется в зависимости от процесса нагружения, который может быть стационарным, когда его вероятностные характеристики с течением времени не меняются, и нестационарным, когда вероятностные характеристики изменяются от цикла к циклу, что приводит в итоге к повреждению конструкции в зависимости от длительности ее работы. В этом случае для оценки повреждаемости принимается гипотеза линейного накопления повреждений, позволяющая определить долговечность конструкции при любых комбинациях амплитуд, когда все амплитуды превышают предел выносливости без резких всплесков. Для таких спектров используется корректировочная теория расчета накопления повреждений. При амплитудах, не превышающих предела выносливости, расчет на долговечность ведется по коэффициенту запаса. Однако, окончательное решение во всех случаях нагружения

принадлежит эксперименту.

В связи с этим на разрезах Кузбасса (Кедровском, Бачатском и Талдинском) выполнен анализ причин простоев автомобилей за 2012 год (рис. 1).

Из области распределения диаграммы видно, что сварочные работы и ремонт двигателя внутреннего сгорания существенно влияют на простой автосамосвалов. Объектом сварочных работ чаще всего являются рама, передний и задний мост подвески и кузов, ресурс которых в большей степени зависит от расстояния перевозки, грансостава и веса перевозимой горной массы, состояния технологических дорог, угла наклона трассы. При эксплуатации автомобилей в сложных горнотехнологических условиях нагрузки на металлоконструкции резко возрастают, что приводит к образованию и росту трещин в элементах металлоконструкций, работе двигателя на повышенных мощностях, снижению срока службы автосамосвала. Вопросы установления оптимальных горнотехнологических условий работы карьерного автотранспорта по критериям надежности металлоконструкций и эффективности работы двигателя являются наиболее актуальными.

Основными показателями условий эксплуатации автотранспорта являются долговечность, характеризующая срок службы узла или элемента конструкции автомобиля, и энергоемкость, определяющая затраты энергии на «полезную» работу автосамосвала. При транспортировании горной массы карьерные автосамосвалы выполняют работу на перевозку вскрыши или породы от места погрузки до места разгрузки и обратно. «Полезная» работа автосамосвала в процессе эксплуата-



Рис. 1. Диаграмма основных причин простоев автосамосвалов на разрезах Кузбасса в 2012 году

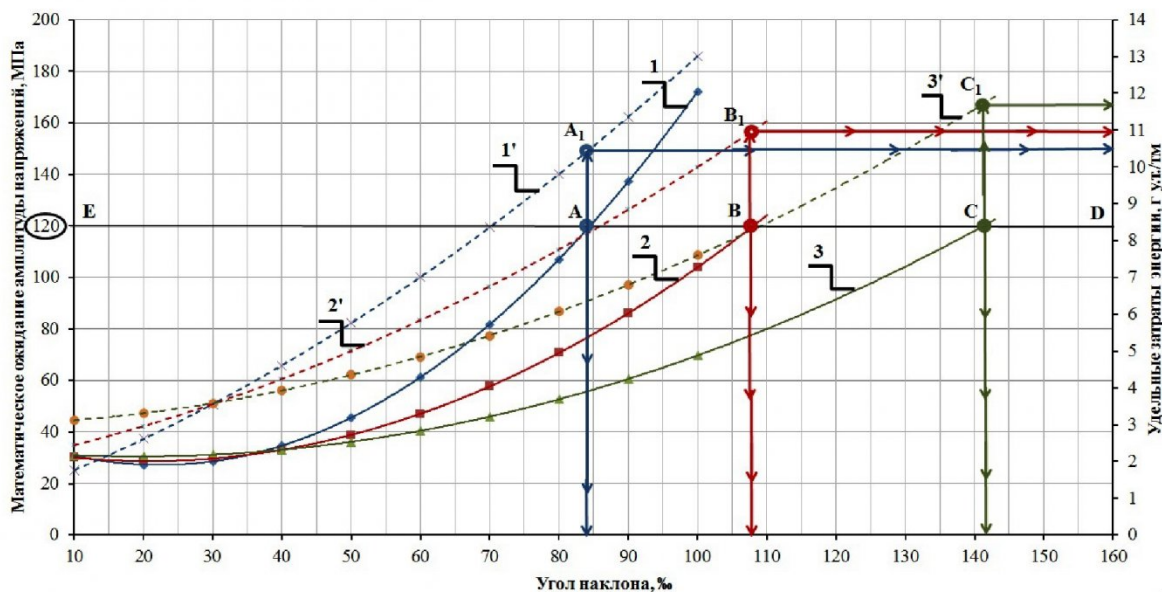


Рис. 2. Совместная диаграмма зависимостей матожидания амплитуды напряжений (1, 2, 3) и удельных затрат энергии (1', 2', 3') от уклона трассы для автосамосвалов БелАЗ с грузоподъемностью менее 55 т, 55-130 т и свыше 130 т соответственно

Таблица 1. Расчет «полезного» расхода топлива для БелАЗов трех групп грузоподъемности

наклон, %	Расстояние перевозки, км	УЗЭ, г у.т./т*м			«Полезный» расход топлива, л		
		БелАЗ 55т	БелАЗ 130т	БелАЗ 320т	БелАЗ 55т	БелАЗ 130т	БелАЗ 320т
10	1,8	1,76	2,44	3,118	0,912	2,989	9,405
20	2,44	2,61	2,96	3,312	3,668	9,832	27,084
30	3,08	3,56	3,56	3,582	9,472	22,389	55,463
40	3,72	4,61	4,24	3,928	19,753	42,943	97,945
50	4,36	5,76	5,00	4,350	36,159	74,190	158,911
60	5	7,01	5,84	4,848	60,559	119,249	243,721

ции – это работа, затраченная на транспортирование горной массы без учета погрузки-разгрузки.

Долговечность металлоконструкции в целом или ее элементов определяет ресурс всей системы, в данном случае автосамосвала. Ресурс задается заводом-изготовителем, задача исследований заключается в том, чтобы в процессе эксплуатации карьерного автотранспорта этот ресурс по воз-

можности сохранить.

Для оценки долговечности металлоконструкций автосамосвалов были выполнены исследования с использованием экспериментально-вычислительного центра, в состав которого вошли ноутбук, тензостанция А-17-18, тензорезисторы, экранированный кабель, аккумуляторная батарея, балансировочная коробка, электромаг-

Таблица 2. Предельно-допускаемые параметры эксплуатации автосамосвалов

Группа автосамосвалов по грузоподъемности	БелАЗ до 55т	БелАЗ 55-130т	БелАЗ свыше 130т
Допускаемые углы наклона [i], %	52/85*	63/108	94/142
Матожидание амплитуды напряжений $M_{\sigma_{\text{га}}}$, МПа	48/120	50/120	62/120
Удельные затраты энергии $P_{\text{ф}}$, г у.т./т*м	6.1//10.5	6.1/11	7 /11.9
«Полезный» расход топлива, л	38.3/140	129.5/450	629.5/1550

*Примечание: отношение величин угла наклона при номинальном и допустимом направлении

нитный экран. В результате экспериментальных работ получены осциллограммы напряжений во времени при разных циклах нагружения, статистическая обработка которых велась по амплитудам напряжений [1]. Для энергетической оценки транспортирования горной массы с использованием большегрузных автосамосвалов принята величина удельных затрат энергии на подъем 1т из карьера [2].

Наиболее значимым горнотехнологическим фактором, влияющим на показатели работы автосамосвалов, является угол наклона трассы. Результаты выполненных исследований позволили построить совместную диаграмму зависимости матожидания амплитуды напряжений (M_{σ_a}) и удельных затрат энергии от уклона трассы для автосамосвалов БелАЗ трех основных групп по грузоподъемности (менее 55т, 55-130т, более 130т) (рис. 2).

Эта диаграмма позволяет графически определить допускаемые углы наклона трассы при транспортировании горной массы и удельные затраты энергии с учетом сохранения ресурса металлоконструкций подвески, узлы которой изготовлены из сталей с пределом текучести 240 МПа и выше.

Коэффициент запаса прочности (n) для большинства металлоконструкций принимается в интервале 1,2÷2. При принятом $n=2$ горизонтальная черная (допускаемая) линия ED на диаграмме соответствует допускаемому напряжению, равному 120 МПа. Абсцисса точек пересечения этой линии с кривыми графика 1, 2, 3 (А, В, С соответственно) характеризуют уклоны трассы для каждого из названных типов автосамосвалов, при превышении которого возникающие в металлоконструкциях подвески напряжения приводят к росту трещин, сокращению долговечности и ресурса элементов балки заднего моста.

Для полученных значений уклонов точки A_1 , B_1 , C_1 соответствуют значениям удельных затрат энергии. Для автосамосвалов грузоподъемностью менее 55 т удельные затраты энергии составили 10,5 гу.т./тм при эксплуатации на уклоне трассы в 85 %, для БелАЗов с грузоподъемностью от 55 т до 130 т - 11 гу.т./тм при уклоне трассы в 108 %, для большегрузных автосамосвалов с грузоподъемностью свыше 130 т удельные затраты энергии при уклоне трассы в 149 % составили 11,9 гу.т./тм (см. табл.3).

Для более точной оценки эффективности эксплуатации каждой группы автосамосвалов на определенных углах наклона введено понятие «полезного» расхода топлива, высчитываемого с учетом удельных затрат энергии (УЗЭ). «Полезный» расход топлива - количество дизтоплива, затраченное на транспортировку горной массы от пункта загрузки до пункта разгрузки. В таблице 1 приведен расчет «полезного» расхода топлива для БелАЗов с грузоподъемностью 55т, 130т и 320т.

Из табл.1 видно, что «полезный» расход топлива автосамосвалов с грузоподъемностью 320т больше, чем у БелАЗов-7555 (55т) в 3-4 раза и БелАЗов-75131 (130т) в 2 раза, но на больших глубинах (угол наклона трассы свыше 50%) удельные затраты энергии БелАЗов-75600 (320т) в 1,5-2 раза ниже. Следовательно, большегрузные автосамосвалы наиболее эффективнее использовать при транспортировании горной массы в сложных горнотехнологических условиях эксплуатации.

Для определения номинального «полезного» расхода топлива были проанализированы технические и эксплуатационные параметры автосамосвалов БелАЗ-7555, БелАЗ-75131, БелАЗ-75600. По номинальной мощности и удельному расходу двигателя определили номинальный расход топлива за рейс

$$Q_{ном} = NqT/n \quad (1)$$

где N – номинальная мощность двигателя, кВт; q – удельный расход топлива двигателя, г/кВт*ч; T – время смены, ч; n – количество рейсов за смену.

Номинальная мощность и удельный расход топлива для двигателя данной модели определялся по техпаспорту, время смены принималось равным 12ч, количество смен рассчитано по данным, полученным посредством GPS-навигации.

Номинальная мощность является наибольшей, но не максимальной мощностью двигателя для данных условий эксплуатации, при которой гарантируется надежная работа в течение значительной части (или всего) срока службы двигателя. Следовательно, номинальный «полезный» расход топлива – это показатель экономичности и долговечности двигателя, характеризующий его срок службы.

Выполненные исследования позволили установить зависимости «полезного» расхода топлива на различных участках дороги при использовании автосамосвалов различной грузоподъемности (рис. 3)

Из рис. 3 видно, что характер полученных зависимостей для всех автосамосвалов – полиномиальный (коэффициент аппроксимации составил 0,974). Установленные зависимости не являются точечными значениями для определенного угла наклона. Это предельно-допускаемое значение «полезного» расхода топлива, превышение которого приводит к сокращению ресурса двигателя.

Анализ полученных результатов позволил установить допускаемый интервал углов наклона трассы для эксплуатации автосамосвалов различной грузоподъемности, нижней границей которого является допускаемый угол наклона по номинальному «полезному» расходу топлива, а верхней – по допускаемому напряжению. Для БелАЗов до 55 т допустимые углы наклона варьируются от 52 до 85 %, для автосамосвалов 55-130 т – от 63 до 108 %, для большегрузных автосамосвалов свыше 130 т – от 94 до 142 %.

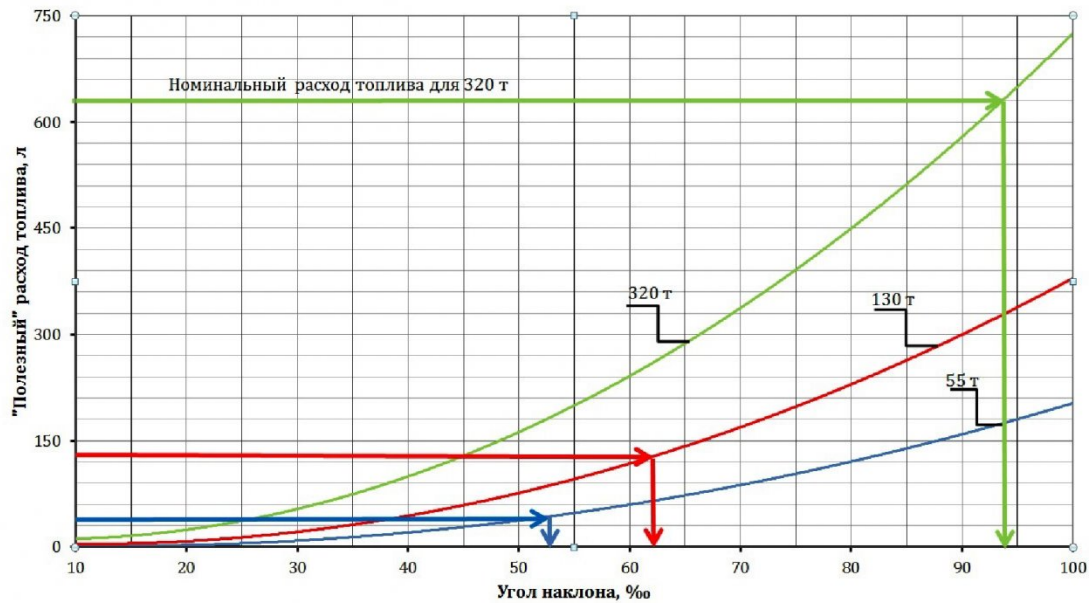


Рис. 3. Зависимость «полезного» расхода топлива от угла наклона трассы для автосамосвалов БелАЗ трех основных групп грузоподъемности

Установленные предельно - допускаемые параметры эксплуатации автосамосвалов приведены в табл. 2.

Номинальный «полезный» расход топлива соответствует гарантированному изготовителем сроку службы двигателя. При увеличении допускаемого угла наклона до нижней границы из табличного интервала срок службы двигателя сокращается примерно на 65-70 %, что приведет к внеплановым ремонтам и дополнительным простоям,

увеличению затрат на закупку дизтоплива, ремонт и обслуживание двигателя. Превышение нижнего предельно-допускаемого значения угла наклона трассы приводит к сокращению ресурса металлоконструкций автосамосвала на 20-40 % и достижению предельного состояния конструкции или системы (такое состояние, когда она перестает удовлетворять эксплуатационным требованиям).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Паначев И.А. Оценка энергоемкости процесса транспортирования горной массы большегрузными автосамосвалами на разрезах Кузбасса / И.А. Паначев, И.В. Кузнецов // Вестник Кузбасского государственного технического университета – 2011. - №4. – С. 35-40.
2. Паначев И.А. Анализ влияния угла наклона трассы на энергоемкость транспортирования горной массы большегрузными автосамосвалами / И.А. Паначев, И.В. Кузнецов // Вестник Кузбасского государственного технического университета – 2013. - №6. – С. 67-70.
3. Паначев И.А. Влияние величины уклона трассы карьерных дорог на энергоемкость транспортирования горной массы автосамосвалами на больших глубинах / И.А. Паначев, И.В. Кузнецов // Нелинейные геомеханико-геодинамические процессы при обработке месторождений полезных ископаемых на больших глубинах: 2-ая Российско-Китайская научная конференция – Новосибирск. 2012. - №12. – С. 312-315.
4. Паначев И.А. Оценка остаточного ресурса горнотранспортных машин, отработавших нормативный срок эксплуатации / Паначев И.А., Насонов М.И., Моисеенко В.Д., Артамонов П.В. // Безопасность жизнедеятельности предприятий в угольных регионах. Материалы VI Международной научно-практической конференции - Кемерово: КузГТУ, 2005.-С.120-123.
5. Лель Ю. И. Энергоемкость транспортных систем карьеров: оценка и перспективы / Ю. И. Лель, Г. А. Ворошилов // Горная техника – 2007: Каталог - справочник. – С.-Петербург: Изд-во ООО «Славутич», 2007. – с. 102-108.
6. Лель Ю. И., Сандригайло И. Н., Терехин Е. Ю., Ворошилов Г. А. Горно-геологические и горнотехнические условия разработки глубоких карьеров. // Изв. Урал. гос. горно-геол. акад. Сер.: Горное дело. – 2000. – вып. 11. – с. 77-85.

Авторы статьи:

Паначев Иван Андреевич,

докт. техн. наук, профессор каф. сопротивления материалов КузГТУ, тел. 8-(384-2)-396326

Кузнецов Илья Витальевич,

ассистент каф. сопротивления материалов КузГТУ, e-mail: kuznetcov-ilia@yandex.ru

Поступило в редакцию 25.11.2014