Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
т. ХХХУШ, 1981 г.

УДК 622.271.3:622.684:658.511.3:001.6

ИССЛЕДОВАНИЕ НАГРУЗОЧНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ТРАНСМИССИИ БОЛЬШЕГРУЗНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ

А.А.КУЛЕШОВ,
О.Д.СЕРЕБРЕННИКОВ,
Ю.А.ПЛЮТОВ

Целью исследования являлось установление характеристик нагрузочных режимов электромеханической трансмиссии большегрузных автосамосвалов на типичном маршруте карьера глубинного типа в зависимости от условий движения - характеристики дорожной трассы и степени весовой загрузки автосамосвала. Нагрузочные режимы трансмиссии определяются следующими параметрами: частотой вращения (мощностью) дизеля $n_{дв}$, напряжением главного генератора $U_Г$, токами правого $I_{ПР}$ и левого $I_Л$ тяговых двигателей и суммой этих токов $\sum I_{дв}$, мощностью трансмиссии $N_{ТР}$. Для оценки нагрузочных режимов трансмиссии важно знать не только абсолютные значения этих параметров, но и их распределение по времени рейса или по длине маршрута.

Исходя из поставленной цели, решались следующие задачи: I) разработка методики исследований и измерительно-регистрирующей аппаратуры; 2) выбор типичного маршрута, позволяющего осуществлять движение испытуемого автосамосвала в общем транспортном потоке карьера; 3) обеспечение различной весовой загрузки автосамосвала мерными грузами; 4) проведение натурных экспериментов в необходимом объеме.

В качестве основного метода исследований принят производственный эксперимент. Планирование эксперимента осуществлялось с учетом рекомендаций, изложенных в работе Х.Шенка[X]. Методикой экспериментальных исследований предусматривалась фиксация массы перевозимого груза. При этом использовались бетонные блоки массой от I,7 до 2,4 т. Погрузка их в автосамосвал сопровождалась взвешиванием каждого блока динамометром. Кроме того, на автосамосвал при некоторых экспериментальных заездах грузили рядовую горную массу; после

[X] Шенк Х Теория инженерного эксперимента. М., Мир, 1971.

проведения эксперимента автосамосвал тщательно взвешивали на стационарных механических весах, при этом масса груза определялась как среднее из трех-четырех взвешиваний.

Экспериментальные исследования осуществлялись при помощи комплекта специальной измерительно-регистрируемой аппаратуры на базе осциллографа К-I2-22. Частота вращения коленчатого вала двигателя автосамосвала фиксировалась на фотобумаге осциллографа с помощью блока выпрямления и преобразования сигнала, снимаемого со штатного датчика двигателя. Токи тяговых двигателей измерялись с помощью встроенных шунтов I00х75х0,5. Напряжение генератора определялось по стандартной схеме. Датчики градуировались после настройки и балансировки измерительных каналов и закрепления гальванометров. Частота вращения коленчатого вала дизеля контролировалась по показаниям штатного датчика. Для градуировки измерительных каналов тока тяговых двигателей использовался миллиамперметр. Значения напряжения главного генератора фиксировались с помощью тестера.

Ошибка измерительной цепи складывается из погрешностей датчика и записывающего устройства (паспортные данные), ошибки масштаба (градуировочная ошибка) и ошибки, возникающей при обработке осциллограмм. Суммарная относительная ошибка для каналов, измеряющих частоту вращения коленвала дизеля, составляет 9 %, ток 4,3 %, напряжение 9,7 %.

Объектом исследования являлся автосамосвал БелАЗ-549Б с двигателем "Пилстик" 6РА4, шасси № I3. Пробег с начала эксплуатации 57 тыс.км. Экспериментальные заезды выполнялись в июле I978 г. на маршруте экскаватор № 45 – отвал № 6 по северному борту карьера Ждановского рудника ГМК "Печенганикель". Длина маршрута 3,8 км, высота подъема груза H = I36 м. Средневзвешенный уклон $i_{ср.в}$ = 3,9 %, сложность продольного профиля дороги на маршруте C = 6,5. Среднее число поворотов на I км дороги $n_{П}$ = 0,25, число перекрестков и примыканий дорог $n_{ПР}$ = I,3. Покрытие дороги на всем протяжении щебеночное, укатанное, ровное, обработанное пылеподавляющим раствором. Продольный профиль маршрута показан на рис.I.

Исследуемые параметры электромеханической трансмиссии при различной весовой загрузке автосамосвала изменялись в широких пределах (табл. I).

Таблица 1

Пределы изменения параметров электромеханической трансмиссии автосамосвала БелАЗ-549

Масса груза G, т	Параметры электромеханической трансмиссии		
	Частота вращения двигателя $n_{дв}$, об/мин	Сумма токов правого и левого тяговых двигателей $\sum I_{дв}$, А	Напряжение главного генератора $U_{г}$, В
60	880–1560	0–990	0–695
70	800–1500	0–900	0–650
80	900–1600	0–1100	0–690
85	860–1600	0–1100	0–650

Примечание. Мощность трансмиссии $N_{ТР}$ = 0÷500 кВт.

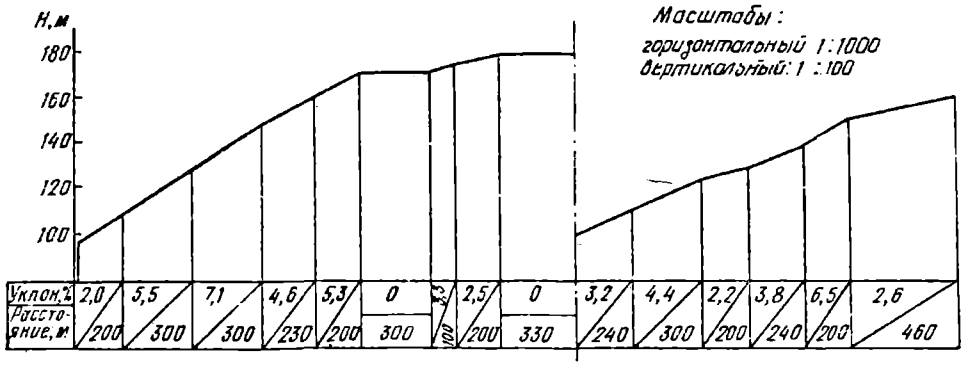


Рис.1. Продольный профиль экспериментального маршрута

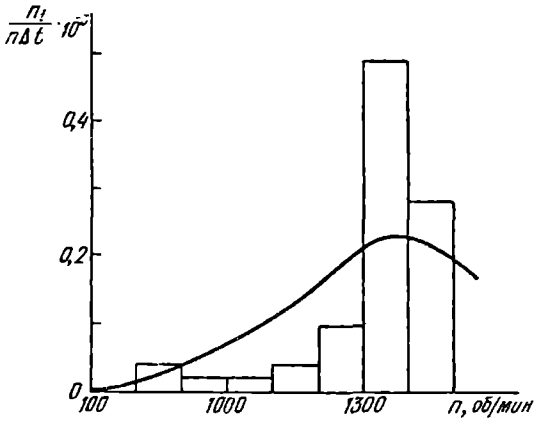


Рис.2. Гистограмма и выравнивающая кривая распределения частоты вращения двигателя $n_{дв}$ при массе G = 76 т

При движении порожняком частота вращения двигателя 700–1400 об/мин, сумма токов тяговых двигателей 0–700 А, напряжение главного генератора 0–500 В, мощность трансмиссии 0–350 кВт.

По материалам экспериментальных заездов построены гистограммы распределения параметров электромеханической трансмиссии для различных масс транспортируемого груза. Одна из таких гистограмм показана на рис. 2.

Соответствие полученного после вычислений на ЭВМ "Наири-2" закона распределения исследуемой статистической величины тому или иному известному закону распределения (нормальному, логарифмически-нормальному и Вейбулла) проверялось по критерию Пирсона χ^2. В ходе проверки установлено, что все параметры трансмиссии груженого автосамосвала распределяются по закону Вейбулла. Плотность вероятности определялась по известной формуле

$$f(t)=\frac{b}{a}\left(\frac{t}{a}\right)^{b-1} e^{-\left(\frac{t}{a}\right)^{b}}$$

При движении автосамосвала порожняком распределения суммы токов правого и левого тяговых двигателей $\sum I_{дв}$, напряжения главного генератора $U_г$ и мощности трансмиссии $N_{тр}$ соответствуют закону Вейбулла, а частота вращения двигателя $n_{дв}$ – логарифмически-нормальному закону. Плотность вероятности в последнем случае определялась по формуле

$$f(t)=\frac{1}{bt\sqrt{2\pi}}\exp\left(-\frac{(\ln t-\delta}{2b^2}\right).$$

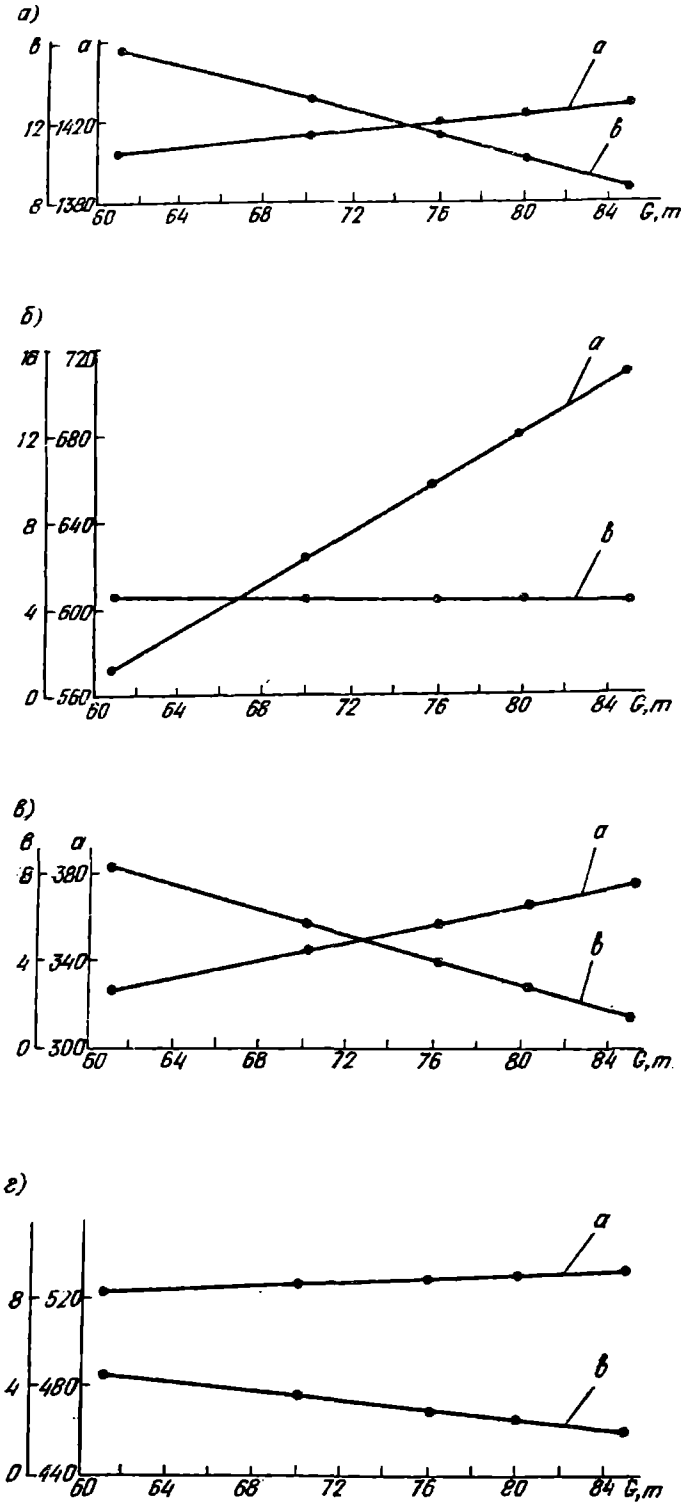


Рис.3. Корреляционные зависимости параметров распределения Вейбулла a и b от массы транспортируемого груза: а – $n_{дв}$; б – $\sum I_{дв}$; в – $U_г$; г – $N_{тр}$

В результате математической обработки экспериментальных данных построены выравнивающие кривые распределения параметров трансмиссии, одна из которых показана на рис. 2.

Установлены линейные корреляционные зависимости параметров распределения Вейбулла a и b от массы транспортируемого груза (табл. 2) и построены графики этих зависимостей (рис. 3).

Таблица 2

Линейные корреляционные зависимости параметров распределения Вейбулла a и b от массы транспортируемого груза

Параметры электромеханической трансмиссии	Уравнения линейной регрессии	Коэффициент корреляции $\lvert r_b \rvert$
Частота вращения двигателя $n_{дв}$, об/мин	$a = 0{,}946G + 1347{,}7$	0,56
	$b = -0{,}283G + 32{,}84$	0,98
Сумма токов тяговых двигателей $\Sigma I_{дв}$, А	$a = 5{,}6G + 229{,}7$	0,80
	$b = -0{,}021G + 5{,}8$	0,46
Напряжение главного генератора $U_г$, В	$a = 2{,}09G + 198{,}4$	0,74
	$b = -0{,}287G + 25{,}8$	0,86
Мощность трансмиссии $N_{тр}$, кВт	$a = 0{,}44G + 496{,}6$	0,51
	$b = -0{,}105G + 10{,}9$	0,91

Таблица 3

Значения токов тяговых двигателей автосамосвала БелАЗ-549 при движении на поворотах

Параметры	Поворот			
	при радиусе 16 м		при радиусе 29 м	
	левый	правый	левый	правый
Скорость движения машины, км/ч	14,6	13,5	19,8	19,6
Средний ток левого двигателя, А	417,3	190	324,5	284,4
Среднеквадратическое отклонение тока левого двигателя, А	43,1	36,6	49,0	36,8
Средний ток правого двигателя, А	215,3	389,5	275,1	301,6
Среднеквадратическое отклонение тока правого двигателя, А	19,6	49,0	35,3	34,2
Разность токов внутреннего и внешнего двигателей, А	202,0	200,0	49,5	17,2
Увеличение тока на внутреннем двигателе по сравнению с внешним, %	193,8	205	118	106

С целью определения нагрузочных режимов тяговых электродвигателей на поворотах были проведены специальные экспериментальные заезды с грузом 82 т на горизонтальной площадке со щебеночным неукатанным покрытием. Заезды проводились при температуре наружного воздуха 8 °С и влажном состоянии

покрытия. Радиус поворота замерялся по переднему внешнему колесу. Результаты экспериментов приведены в табл. 3.

Из табл. 3 видно, что при относительно малых радиусах поворота разность токов внутреннего и внешнего двигателей (по отношению к центру поворота) практически одинакова при левом и правом поворотах. С увеличением радиуса поворота картина меняется: при левом повороте эта разница при R = 29 м почти в три раза больше, чем при правом повороте. Причины этого явления требуют дополнительного изучения.

Выводы

1. Проведенные экспериментальные исследования позволили установить пределы изменения значений основных нагрузочных параметров электромеханической трансмиссии автосамосвалов БелАЗ-549 в зависимости от массы перевозимого груза для карьеров глубинного типа.

2. Установлены эмпирические зависимости между массой перевозимого груза и плотностью вероятности значений нагрузочных параметров электромеханической трансмиссии в реальных условиях эксплуатации, что позволяет моделировать различные нагрузочные режимы трансмиссии.

3. Экспериментально установлено аномальное явление в режиме работы правого и левого тяговых двигателей, заключающееся в неодинаковом влиянии радиуса поворота на соотношение их токов.

4. Результаты проведенного исследования позволяют оценить соответствие конструктивных параметров трансмиссии большегрузных автосамосвалов условиям их эксплуатации и могут быть использованы заводом-изготовителем машин при конструктивных расчетах и совершенствовании автосамосвалов.