

УДК 674.093 : 621.86/.87

**ИССЛЕДОВАНИЕ  
ВЛИЯНИЯ ДОРОЖНЫХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
НА РАСХОД ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ АВТОЛЕСОВОЗОВ Т-140**

*И. Г. БЕККЕР, А. М. ЖИГАЛОВ, П. Ф. МАРЧЕНКО, М. А. СЕННИКОВ*

СПКТЬ ВПО Союзлесреммаш  
Архангельский лесотехнический институт

Исследования условий эксплуатации автолесовозов Т-140, проведенные в различных климатических зонах страны, показывают, что наибольшее влияние на расход запасных частей оказывают дорожные условия. Корреляционный анализ позволил установить, что связь расхода запасных частей с дорожными условиями более сильная, чем с остальными исследуемыми факторами, а линейный коэффициент корреляции составляет 0,613 [2].

Условия эксплуатации автолесовозов на внутривозовских дорогах зависят от постоянных и переменных факторов.

К постоянным относятся: тип дорожного покрытия, продольный профиль дороги, ширина проезжей части, характер пересечения с другими дорогами. Они практически не изменяются для одного предприятия.

Наибольшее влияние на расход запасных частей автолесовозов оказывают переменные факторы: степень ровности покрытий, изменяющаяся в процессе эксплуатации; сцепление колес с дорогой; видимость дороги водителем.

Таблица 1

Основные статистические характеристики дорожных покрытий  
лесопильно-деревообрабатывающих комбинатов

Район проведения исследований	Тип дорожного покрытия	Статистические характеристики			Время корреляционной связи, с
		Средняя высота неровности, см	Среднее квадратичное отклонение, см	Дисперсия, см	
Архангельск	Деревянное дощатое	11,10	5,60	31,30	16,1
	Железобетонные плиты	8,40	4,70	22,00	9,1
	Снежное укатанное	7,10	5,50	30,10	7,9
Ижевск	Цементобетонное	10,17	4,58	21,03	20,7
	Железобетонные плиты	10,90	4,52	20,48	8,6
	Снежное укатанное	10,47	4,26	18,17	28,1
Лесосибирск	Цементобетонное	4,83	2,02	4,08	16,9
	Железобетонные плиты	7,94	2,04	4,14	4,6
	Снежное укатанное	6,58	1,27	1,62	5,4
Нарьян-Мар	Деревянное дощатое	11,86	5,95	35,38	15,1
	Снежное укатанное	10,24	4,52	20,42	20,9
Дороги общего назначения*	Асфальтированное	—	1,30	1,69	6,2
	Цементобетонное	—	1,24	1,54	8,3

\* Данные приняты по работе [4].

Таблица 2

Аналитические аппроксимации корреляционных функций и уравнения нормированной спектральной плотности воздействия дорог комбинатов

Район проведения исследований	Тип дорожного покрытия	Корреляционное уравнение	Уравнение спектральной плотности
Архангельск	Деревянное дощатое	$\rho_1(\tau) = e^{-0,072\tau}$	$S_1^*(\omega) = \frac{0,0458v}{\omega^2 + 0,0052v^2}$
	Железобетонные плиты	$\rho_2(\tau) = e^{-0,44\tau} \cos 0,173\tau$	$S_2^*(\omega) = \frac{0,14v\omega^2 + 0,0314v^3}{\omega^4 - 0,328v^2\omega^2 + 0,05v^4}$
	Снежное укатанное	$\rho_3(\tau) = e^{-0,15\tau} \cos 0,2\tau$	$S_3^*(\omega) = \frac{0,048v\omega^2 + 0,03v^3}{\omega^4 - 0,035v^2\omega^2 + 0,004v^4}$
	Цементобетонное	$\rho_4(\tau) = e^{-0,034\tau} \cos 0,076\tau$	$S_4^*(\omega) = \frac{4,7 \cdot 10^{-4}v^3 + 0,068v\omega^2}{\omega^4 - 9,2 \cdot 10^{-3}v^2\omega^2 + 17,6v^4}$
Ижевск	Железобетонные плиты	$\rho_5(\tau) = e^{-0,044\tau} \cos 0,181\tau$	$S_5^*(\omega) = \frac{30,5 \cdot 10^{-4}v^3 + 0,046v\omega^2}{\omega^4 - 63,6 \cdot 10^{-3}v^2\omega^2 + 1,2 \cdot 10^{-6}v^4}$
	Снежное укатанное	$\rho_6(\tau) = e^{-0,014\tau} \cos 0,056\tau$	$S_6^*(\omega) = \frac{0,9 \cdot 10^{-4}v^3 + 0,02v\omega^2}{\omega^4 - 0,59 \cdot 10^{-4}v^2\omega^2 + 10,9 \cdot 10^{-6}v^4}$
	Цементобетонное	$\rho_7(\tau) = e^{-0,026\tau} \cos 0,094\tau$	$S_7^*(\omega) = \frac{5,2 \cdot 10^{-4}v^3 + 0,054v\omega^2}{\omega^4 - 16,2 \cdot 10^{-3}v^2\omega^2 + 91,2 \cdot 10^{-6}v^4}$
Лесосибирск	Железобетонные плиты	$\rho_8(\tau) = e^{-0,28\tau} \cos 0,32\tau$	$S_8^*(\omega) = \frac{0,418v^3 + 2,32v\omega^2}{\omega^4 - 0,048v^2\omega^2 + 0,032v^4}$
	Снежное укатанное	$\rho_9(\tau) = e^{-0,17\tau} \cos 0,32\tau$	$S_9^*(\omega) = \frac{0,075v^3 + 0,52v\omega^2}{\omega^4 - 0,173v^2\omega^2 + 0,02v^4}$

Продолжение табл. 2

Район проведения исследований	Тип дорожного покрытия	Корреляционное уравнение	Уравнение спектральной плотности
Нарьян-Мар  Дороги общего назначения	Деревянное дощатое	$\rho_{10}(\tau) = e^{-0,028\tau} \cos 0,094$	$S_{10}^*(\omega) = \frac{5,4 \cdot 10^{-4} v^3 + 0,056 v \omega^2}{\omega^1 - 1,6 \cdot 10^{-2} v^2 \omega^2 + 92,2 \cdot 10^{-6} v^4}$
	Снежное укатанное	$\rho_{11}(\tau) = e^{-0,025\tau} \cos 0,071$	$S_{11}^*(\omega) = \frac{2,83 \cdot 10^{-4} v^3 + 0,05 v \omega^3}{\omega^4 - 8,83 \cdot 10^{-3} v^2 \omega^2 + 32,09 \cdot 10^{-6} v^4}$
	Асфальтированное	$\rho_{12}(\tau) = e^{-0,2\tau} + 0,15 e^{-0,08\tau} \cos 0,6\tau$	$S_{12}^*(\omega) = \frac{0,054 v}{\omega^2 + 0,04 v^2} + \frac{0,024 v (\omega^2 + 0,36 v^2)}{(\omega^2 - 0,36 v^2) + 0,36 \cdot 10^{-2} v^4}$
	Цементобетонное	$\rho_{13}(\tau) = e^{-0,15\tau}$	$S_{13}^*(\omega) = \frac{0,048 v}{\omega^2 + 0,0225 v^2}$

Ровность дорожного покрытия зависит от типа и состояния покрытия и является основным фактором, влияющим на расход запасных частей автолесовозов, позволяющим количественно оценить воздействие дороги на машину и произвести сравнительный анализ дорог лесопильно-деревообрабатывающих комбинатов в различных зонах эксплуатации автолесовозов.

Воздействие неровностей дорожного полотна на движущийся автолесовоз вызывает колебания и вибрации его поддресоренных и неподдресоренных частей. Динамические нагрузки в подвеске, раме, грузоподъемном механизме и узлах силовой передачи приводят к их повышенному износу и поломкам.

Это воздействие носит случайный характер, поэтому для исследования надежности отдельных узлов и агрегатов автолесовоза использованы методы статистической динамики, с помощью которых определены статистические характеристики микропрофиля дорожного полотна: дисперсия, среднее квадратичное отклонение, корреляционная функция и спектральная плотность воздействия.

Все обследованные дороги отличаются друг от друга, а также от дорог общего назначения размерами дисперсий, средними квадратичными отклонениями и интервалами корреляционной связи (табл. 1).

На основании полученных рядов распределения отклонений микронеровности найдены корреляционные функции, аналитические аппроксимации которых с точностью 2% представлены в табл. 2.

Для сопоставления ресурсных характеристик деталей автолесовозов, работающих в различных условиях эксплуатации, необходимо знать спектральную плотность воздействия микропрофиля на автолесовоз ( $S_{h(\omega)}$ ).

Она связана с корреляционной функцией прямым преобразованием Фурье [3]

$$S_{h(\omega)}^* = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} \rho_l(\tau) \cos \omega \tau d\tau, \quad (1)$$

где  $S_{h(\omega)}^* = \frac{S_h(\omega)}{D_h}$  — нормированная спектральная плотность,  $\text{см}^2 \cdot \text{с}$ ;  
 $\tau$  — время корреляционной связи, с;  
 $\omega$  — круговая частота,  $1/\text{с}$ ;  
 $D_h$  — дисперсия, см.

Применив преобразование Фурье, получим расчетные уравнения нормированной спектральной плотности воздействия микропрофиля для обследованных дорог (табл. 2).

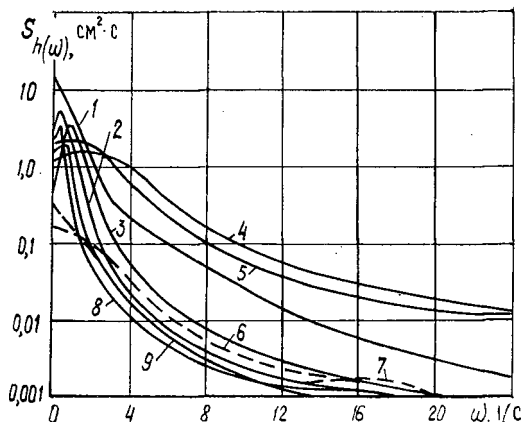


Рис. 1. Нормированные энергетические спектры воздействия микропрофиля различных участков дорожных покрытий в летних условиях при скорости движения 20 км/ч: 1 — деревянный настил (Архангельск); 2 — асфальтированное (Николаев); 3 — то же (Ижевск); 4 — железобетонные плиты (Енисейск); 5 — то же (Архангельск); 6 — асфальтированное (дороги общего назначения); 7 — цементобетонное (дороги общего назначения); 8 — деревянный настил (Нарьян-Мар); 9 — железобетонные плиты (Ижевск)

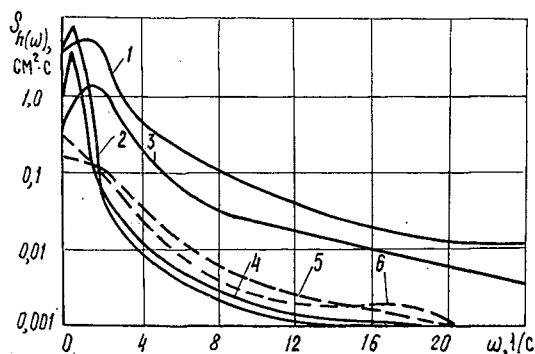


Рис. 2. Нормированные энергетические спектры воздействия микропрофиля различных участков дорожных покрытий в зимних условиях при скорости движения 20 км/ч: 1 — снежное укатанное (Архангельск); 2 — то же (Ижевск); 3 — то же (Нарьян-Мар); 4 — асфальтированное (общего назначения); 5 — асфальтированное (общего назначения); 6 — цементобетонное (общего назначения)

На основании полученных уравнений построены графики нормированных спектральных плотностей для различных участков дорожных

Таблица 3

Максимальные и средние значения спектральной плотности воздействия различных покрытий дорог при скорости движения 20 км/ч

Район проведения исследований	Тип дорожного покрытия	Значение нормированной спектральной плотности	
		максимальное	среднее
Архангельск	Деревянное дощатое	13,20	9,79
	Железобетонные плиты	3,37	2,91
Ижевск	Цементобетонное	5,54	5,00
	Снежное укатанное	1,80	1,80
Лесосибирск	Асфальтированное	0,26	0,26
	Цементобетонное	0,40	0,40

покрытий в летних и зимних условиях эксплуатации (рис. 1 и 2). На этих же графиках нанесены кривые нормированных энергетических спектров воздействия микропрофиля дорог общего назначения. Значения спектральных плотностей воздействия приведены в табл. 3.

Анализ кривых спектральной плотности при скорости движения  $v = 20$  км/ч (рис. 1, 2 и табл. 3) показывает, что значения  $S_{h(\omega)}^*$  дорог лесопильно-деревообрабатывающих комбинатов значительно выше, чем у дорог общего назначения, и количественно различаются для разных покрытий дорог.

На основании данных о фактическом расходе запасных частей в течение двух лет по объединению Северолесэкспорт (Архангельск) и полученным нами значениям спектральной плотности воздействия микропрофиля дорог этого предприятия составляем корреляционное уравнение зависимости расхода запасных частей от спектральной плотности воздействия микропрофиля дороги [1]

$$q = 35,14 S_{h(\omega)}^3 - 169,68. \quad (2)$$

Здесь  $q$  — расход запасных частей на один автолесовоз, р.;  
 $S_{h(\omega)}^3$  — эквивалентная спектральная плотность воздействия микропрофиля дорожного покрытия для объединения Северолесэкспорт [2], см<sup>2</sup> · с

$$S_{h(\omega)}^3 = \sqrt{a_6 S_{h(\omega) б}^3 + a_ж S_{h(\omega) ж}^3 + a_д S_{h(\omega) д}^3 + a_с S_{h(\omega) с}^3}, \quad (3)$$

где  $S_{h(\omega) б}$ ,  $S_{h(\omega) ж}$ ,  $S_{h(\omega) д}$ ,  $S_{h(\omega) с}$  — значения спектральной плотности воздействия микропрофиля дорог соответственно с цементобетонным, железобетонными плитами, деревянным и снежным покрытиями;

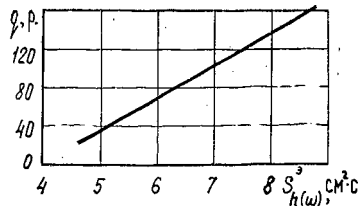
$a_6$ ,  $a_ж$ ,  $a_д$ ,  $a_с$  — показатели, учитывающие долю покрытия, соответственно цементобетонного, железобетонными плитами, деревянного и снежного [2]:

$$a_i = \frac{L_i}{2L_{общ}}, \quad (4)$$

где  $L_i$  — протяженность дорог с  $i$ -м типом покрытия, км;  
 $L_{общ}$  — общая протяженность дорог на предприятии, км.

По уравнению (2) построен график зависимости расхода запасных частей от спектральной плотности воздействия микропрофиля дороги (рис. 3).

Рис. 3. Зависимость расхода запасных частей от спектральной плотности воздействия микропрофиля дороги (пример)



Таким образом, имея осредненные данные спектральной плотности для различных типов покрытий (табл. 3, рис. 3), можно практически для любого района использования автолесовозов определить необходимый расход запасных частей на них,

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Леонтьев Н. Л. Техника статистических вычислений.— М.: Лесн. пром-сть 1966.— 250 с. [2]. Сенников М. А. Исследования и методика расчета запасны: частей и агрегатов оборотного фонда для порталных автолесовозов: Дис... канд техн. наук.— М.: МЛТИ, 1978.— 219 с. [3]. Силаев А. А. Спектральная теория поддресоривания транспортных машин.— М.: Машиностроение, 1972.— 192 с. [4] Труды семинара по подвескам автомобилей. Вып. 8.— М.: НАМИ, 1963.— 65 с.

Поступила 12 ноября 1986 г.

УДК 629.114.4

## ВЫБОР ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИИ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМ ПОДРЕССОРИВАНИЯ КОЛЕСНЫХ ЛЕСОТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

Б. В. БИЛЫК

Львовский лесотехнический институт

Качество системы поддресоривания транспортного средства и виброзащиты водителя существенно влияет на условия его труда и утомляемость, а в конечном итоге на производительность и безопасность движения. Поэтому оптимизация параметров подвески и системы поддресоривания сидений водителей лесотранспортных машин, работающих в особо сложных дорожных условиях, является не только чисто технической, но и социальной проблемой.

Любая задача оптимизации заключается в определении значений оптимизируемых параметров, при которых некоторая целевая функция приобретает экстремальное значение. Многопараметрическая оптимизация системы виброзащиты транспортной машины должна выполняться с помощью ЭВМ. Ее алгоритм, в самом общем виде, можно записать следующим образом:

$$W(X) \rightarrow \min_{X \in Q} \Rightarrow X^*, \quad (1)$$

где

$X = (c_1, c_2, \dots, k_1, k_2, \dots, x_1, x_2, \dots)$  — вектор оптимизируемых параметров, рассматриваемый как переменная оптимизации;

$c_1, c_2, \dots$  — коэффициенты жесткости упругих элементов системы поддресоривания;

$k_1, k_2, \dots$  — коэффициенты неупругого сопротивления (вязкого трения);

$x_1, x_2, \dots$  — геометрические параметры системы поддресоривания;

$Q$  — множество допустимых значений оптимизируемых параметров;

$X^*$  — решение задачи оптимизации, т. е. вектор оптимизируемых параметров, при котором целевая функция принимает минимальное значение.