

УДК 625.711.2

СТАТИСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОПЕРЕЧНОГО МИКРОПРОФИЛЯ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ

А. А. БОЙКО, Н. И. БИБЛЮК, Б. Т. ПЕРЕТЯТКО

Львовский лесотехнический институт

При решении задач, связанных с эксплуатацией и проектированием лесотранспортных систем и основанных на моделировании их движения, необходимо знать обобщенные вероятностные характеристики микропрофилей лесовозных дорог.

Только в последнее время опубликованы работы [2, 4], в которых изложены достаточно полные и систематизированные сведения о микропрофилях дорог общего пользования. Аналогичные работы для лесовозных дорог нам неизвестны, хотя последние характеризуются наличием глубоких выбоин и особым расположением неровностей, сформировавшихся под воздействием однотипных лесовозных автопоездов.

В настоящей работе приведены результаты исследования статистических характеристик поперечных микропрофилей [3, 7] 25 участков лесовозных дорог и методика расчета обобщенных спектральных плотностей с учетом скорости движения транспорта.

Параметры неровностей по колеям движения, в зависимости от пройденного пути, регистрировали как нивелированием, так и при помощи специального устройства, сконструированного на базе авиационного гироскопического прибора в виде одноосной прицепной тележки, буксируемой автомобилем.

Учитывая, что скорость движения транспортных средств не превышает 70 км/ч на лесовозных дорогах и 15 км/ч на трелевочных волоках, длина участков измерений принята, соответственно, больше 400 и 80 м [6]. Профиль спрямляли участками длиной не менее 40 и 8 м. Шаг дискретизации микропрофиля равен 0,2 м [6].

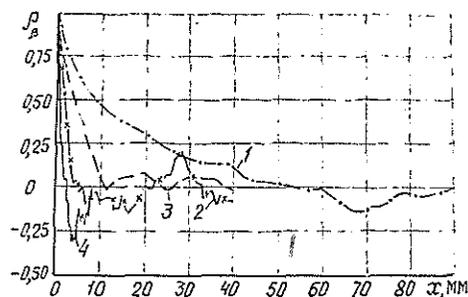


Рис. 1. Нормированные корреляционные функции поперечных микропрофилей лесовозных дорог: 1 — асфальтная (№ 1); 2 — гравийно-щебеночная, обработанная дегтем (№ 4); 3 — грунтовая с накатанными колеями (№ 12); 4 — магистральный трелевочный волок (№ 18)

Корреляционную функцию оценивали по общепринятой методике [7]. Нормированные корреляционные функции (рис. 1) аппроксимировали уравнениями вида

$$\rho_B(x) = \sum_{i=1}^n A_i e^{-\alpha_i |x|} \cos(\beta_i |x|), \quad (1)$$

где A_i — весовые коэффициенты;
 α_i, β_i — коэффициенты корреляционной связи.

Параметрические модели нормированных корреляционных функций (табл. 1), в заданном вероятностью 0,95 доверительном интервале, составляли с помощью ЭВМ по алгоритму [5] случайного локального поиска со спуском по наилучшей пробе. Точность приближения представлена отношением среднего квадратичного отклонения уравнения модели от экспериментальной кривой к единице ($\rho_B(0) = 1$).

Таблица 1
Корреляционные функции поперечных микропрофилей характерных участков лесовозных дорог

Но- мер участ- ка до- роги	Диспер- сия, 10^6 рад^2	Коэффициенты моделей нормированной функции (умноженные на 10^4)										Точность прибли- жения, %		
		A_1, A_5	α_1, α_5	β_1, β_5	A_2, A_6	α_2, α_6	β_2, β_6	A_3, A_7	α_3, α_7	β_3, β_7	A_4, A_8		α_4, α_8	β_4, β_8
Асфальтные														
1	12,9	780	46	0	63	21	150	70	22	216	86	29	328	3,0
2	35,9	607	171	0	171	6	132	191	23	185	31	28	1 008	2,8
3	45,3	402	137	0	333	7	43	214	9	73	51	13	391	2,6
Гравийные														
4	12,9	684	1 874	0	201	18	230	53	18	647	39	20	890	3,1
5	40,1	498	63	1 873	443	34	292	59	—	590	—	—	—	3,6
6	87,0	297	728	0	254	91	305	449	50	455	—	—	—	2,8
7	88,4	378	160	0	311	3	30	221	14	150	90	11	419	3,2
Грунтовые														
8	186,4	395	882	0	427	187	605	178	21	1 252	—	—	—	3,7
9	272,5	502	841	0	289	33	370	2,9	67	760	—	—	—	3,4
10	148,1	297	2 032	0	162	97	367	133	236	582	256	123	1 036	3,9
11	223,5	603	26	1 686	92	87	3 074	—	—	—	—	—	—	2,7
12	351,9	675	136	0	397	38	282	57	11	362	89	171	1 279	1,2
13	667,2	876	100	0	179	52	223	—	—	—	—	—	—	2,9
14	617,0	414	189	0	124	38	400	111	14	104	126	15	153	1,6
		31	4	212	127	10	256	30	1	335	42	1	445	
Трелевочные волоки														
15	621,3	472	10 200	0	238	170	871	37	32	2 396	148	187	3 026	2,8
16	86,2	105	237	3 844	—	—	—	—	—	—	65	84	—	3,0
17	356,0	492	2 783	0	305	22	532	266	187	910	—	—	—	3,1
18	148,3	678	65	2 530	139	33	654	369	129	1 369	—	—	—	2,4
19	236,2	487	671	0	153	132	2 727	169	793	3 264	—	—	—	4,0
		58	252	8 300	295	393	461	118	160	1 624	42	258	6 458	

Примечание. Для каждого номера участка дороги первая строка соответствует коэффициентам $A_1, \alpha_1, \dots, \beta_4$, а вторая строка — коэффициентам A_5, α_5, β_5 . Если коэффициенты A_5, α_5, β_5 равны нулю, то вторая строка отсутствует.

Анализ данных табл. 1 в зависимости от качественного состояния дорожной поверхности показал, что с увеличением степени первого члена суммы (1) возрастает и значение гармонических составляющих с большим значением коэффициента β . Число членов уравнения (1) больше для дорог с неоднородным составом покрытия (№ 4 — гравийно-щебеночная с некачественной обработкой дегтем, № 7 — гравийно-

песчаная, № 10 — грунтовая, улучшенная шлаком, № 14 — грунтогра-
вийная) и возрастает с повышением их изношенности.

Для обобщения результатов исследований выполнен корреляцион-
ный анализ зависимости среднего квадратичного отклонения (σ_p)
угла поперечного сечения от интервала пути корреляции (Δx), кото-
рый подтвердил выводы И. Г. Пархиловского [4] о существовании за-
висимости:

$$\sigma_p = k_p \Delta x. \quad (2)$$

Установлено наличие статистической зависимости между интерва-
лом пути корреляции (Δx) и длиной неровности (l), по которой выпол-
нено спрямление микропрофиля в виде:

$$\Delta x = k_l l. \quad (3)$$

Значения эмпирических корреляционных отношений (0,8 для авто-
дорог и 0,65 для волоков) позволяют утверждать, при доверительной
вероятности 0,95, что связь существенна. Проверка экспериментальных
данных на однородность по средним значениям и дисперсиям подтвер-
дила различие коэффициентов регрессии (k_l) для автомобильных до-
рог и трелевочных волоков и не выявила, в связи с ограниченным объ-
емом данных, различий для автодорог с разными типами покрытий.

Доверительные интервалы для коэффициентов уравнений (2) и (3),
при уровне значимости 0,05, приведены в табл. 2. При этом большие
значения коэффициента k_p соответствуют дорогам с изношенным по-
крытием, а коэффициента k_l — дорогам с одеждой, обладающей боль-
шей способностью к накоплению деформаций.

Таблица 2

Границы доверительных интервалов коэффициентов регрессии

Тип дороги	k_p , рад/м	k_l
Асфальтные	0,0003 — 0,0022	0,038 — 0,084
Гравийные	0,0008 — 0,0033	0,038 — 0,084
Грунтовые	0,0047 — 0,0071	0,038 — 0,084
Трелевочные волоки	0,0083 — 0,0132	0,134 — 0,266

Известно, что при увеличении скорости движения диапазон па-
раметров неровностей, оказывающих влияние на колебания транспорт-
ных средств, сдвигается в область больших длин и, следовательно,
высот, т. е. изменяется как частотный, так и амплитудный состав воз-
действия. С использованием зависимостей (2) и (3) представляется
возможным учесть эту особенность формирования воздействия микро-
профиля путем представления средней квадратичной высоты неровно-
сти как функции скорости движения

$$\sigma_p = k_p k_l V / f_m. \quad (4)$$

где V — скорость движения, м/с;
 f_m — низшая частота возбуждения, которая вызывает колебания
поддрессоренных масс транспортного средства, Гц (для гру-
зовых автомобилей $f_m = 0,5$ Гц [6]).

Нормированная спектральная плотность микропрофиля, корреля-
ционная функция которого аппроксимирована уравнением (1), может
быть представлена [6, 7] в виде:

$$S_p^n(\theta) = 2 \sum_{i=1}^n \frac{A_i \alpha_i (\alpha_i^2 + \beta_i^2 + \theta^2)}{\theta^4 + 2(\alpha_i^2 - \beta_i^2)\theta^2 + (\alpha_i^2 + \beta_i^2)^2}, \quad (5)$$

где θ — путевая частота, 1/м.

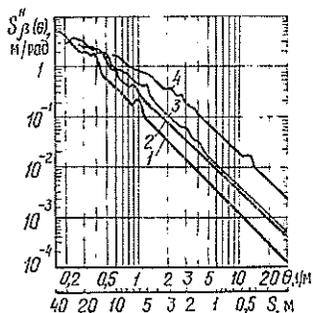


Рис. 2. Усредненные оценки спектральных плотностей поперечных микропрофилей лесовозных дорог: 1 — асфальтовые; 2 — гравийные; 3 — грунтовые; 4 — трелевочные волокна

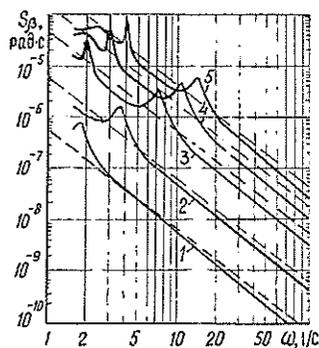


Рис. 3. Спектральная плотность воздействия микропрофиля грунтовой дороги (№ 12) в поперечной вертикальной плоскости: сплошная линия — рассчитанная по формулам (5) и (7); штриховая — по формулам (6) и (7); скорость движения: 1 — 5 км/ч; 2 — 10; 3 — 20; 4 — 30; 5 — 40 км/ч

Усредненные спектральные плотности (рис. 2) по каждому типу дорог аппроксимированы уравнением

$$S_p^n(\theta) = A\theta^{-B}. \quad (6)$$

Точность коэффициентов регрессии (табл. 3) оценена в соответствии с методикой [1].

Таблица 3

Доверительные интервалы коэффициентов регрессии уравнения (6)

Тип дороги	A	B
Асфальтовые	0,130 — 0,148	2,050 — 2,086
Гравийные	0,195 — 0,365	1,846 — 1,958
Грунтовые	0,330 — 0,396	1,885 — 1,955
Трелевочные волокна	0,903 — 0,985	1,659 — 1,705

Спектральная плотность воздействия неровностей поперечного микропрофиля на транспортное средство определяется выражением

$$S_p(\omega) = \sigma_p^2 S_p^n(\omega), \quad (7)$$

где ω — угловая частота воздействия, 1/с.

Переход от функции воздействия по протяженности (5) или (6) к функции воздействия по времени $S_p^n(\omega)$ осуществляется путем умножения коэффициентов корреляционной связи на принятую скорость движения [6] в формуле (5) или заменой параметра A на D в (6). Параметр D определяют по формуле [4]

$$D = AV^{B-1}. \quad (8)$$

Приведенные данные позволяют, в зависимости от целей и задач расчета, принять модель микропрофиля, которая учитывает наличие гармонических составляющих (5), или ограничиться более общим представлением его (6). Качественное отличие функции воздействия, рассчитанной по зависимостям (5) и (6), показано на рис. 3.

Новый метод задания дисперсии неровностей микропрофиля (4) позволяет более полно отобразить физическую сущность процесса возбуждения колебаний и может быть взят за основу при обобщении результатов исследований статистических характеристик микропрофилей опорных поверхностей.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Гришин В. К. Статистические методы анализа и планирования экспериментов.— М.: МГУ, 1975.— 128 с. [2]. Динамика системы дорога — шина — автомобиль — водитель / Под ред. А. А. Хачатурова.— М.: Машиностроение, 1976.— 535 с. [3]. Колебания автомобиля. Испытания и исследования / Под ред. Я. М. Певзнера.— М.: Машиностроение, 1979.— 208 с. [4]. Пархилловский И. Г. Автомобильные листовые рессоры. Теория, расчет и испытания.— М.: Машиностроение, 1978.— 232 с. [5]. Перетятко Б. Т., Бильк Б. В. Оценка точности аппроксимации корреляционных функций микропрофиля дорожной поверхности // Исследование лесопромышленных тракторов: Тр. / ЦНИИМЭ.— Химки, 1982.— с. 78—81. [6]. Ротенберг Р. В. Подвеска автомобиля.— 3-е изд., перераб. и доп.— М.: Машиностроение, 1972.— 392 с. [7]. Силаев А. А. Спектральная теория поддресоривания транспортных машин.— 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Машиностроение, 1972.— 192 с.

Поступила 24 ноября 1986 г.

УДК 630*378.34

ИНЕРЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛОТОВ ПРИ ПЕРЕМЕННОЙ ВЕЛИЧИНЕ ПРИСОЕДИНЕННОЙ МАССЫ

Л. В. МЕЛЬНИКОВ, А. А. МИТРОФАНОВ, К. А. ЧЕКАЛКИН

Архангельский лесотехнический институт

Торможение плотов в пунктах остановки при наличии скоростей течения делится на свободную и активную стадии. Поскольку при свободном торможении плота его техническая скорость даже при бесконечной длительности торможения всегда выше скорости течения в реке v_p [1], то активная стадия торможения будет непременно иметь два этапа. На первом этапе техническая скорость движения плота v гасится от скорости его подхода к пункту остановки v_n ($v_n > v_p$) до скорости течения v_p , на втором — от v_p до нуля.

Если результаты исследования неравномерного движения плота в неподвижной жидкости перенести на процессы остановки его в речном потоке, то свободное торможение плота и первый этап активного торможения уподобляется его торможению в неподвижной жидкости, так как скорость обтекания потоком уменьшится от относительной скорости буксировки до нуля. Второй этап активного торможения, с точки зрения гидродинамики, есть не что иное, как разгон плота в неподвижной жидкости, так как скорость его относительно потока возрастает от нуля до v_p .

Как известно, инерционные характеристики плотов (время и путь торможения) в значительной мере зависят от присоединенных масс. По исследованиям АЛТИ [2, 4], при торможении сортиментного плота в неподвижной жидкости коэффициент, учитывающий совокупное влияние присоединенных масс и нестационарности движения, определяют по формуле:

$$n = -0,137 + 0,413C + 27,16 e^{-4,60C}, \quad (1)$$

где $C = \frac{B}{\sqrt{0,8LBT}}$;

L, B, T — соответственно длина, ширина и осадка плота.