

Рис. 2. Зависимости и некоторые частные примеры определения направления магистрали.

a — зависимость комплексного коэффициента A от срока действия магистрали в данной полосе лесного массива; $1 - Q_r = 450$ тыс. m^3 ; $2 - Q_r = 300$ тыс. m^3 ; $3 - Q_r = 150$ тыс. m^3 ; *b* — зависимость предельного значения координаты $x_{пр}$ точки B от ширины полосы; $1 - A = 1,75 \times 10^{-5}$; $2 - A = 3,5 \cdot 10^{-5}$; $3 - A = 7,0 \cdot 10^{-5}$; *в* — пример назначения направления магистрали при ширине полос b_{max} , определяемой по формуле (10); *г* — возможный вариант направления магистрали $OAB'C$ с ответвлением AD для лесных массивов со сложной конфигурацией границ и весьма неравномерным размещением запасов леса.

На рис. 2, *a* представлена зависимость $A = f(n)$ для лесовозной дороги с гравийной дорожной одеждой при $C_m = 30\,000$ р.; $k_m = 0,05$ р./($m^3 \cdot km$); $k_b = 0,09$ р./($m^3 \cdot km$); а на рис. 2, *б* — зависимость $x_{пр} = f(b)$ для трех пространственных значений A .

С учетом того, что при размещении веток в лесном массиве эксплуатационная площадь последнего разделяется на отдельные зоны тяготения к веткам, ширину каждой полосы целесообразно принимать равной оптимальному расстоянию между ветками у мест их примыкания к магистрали. Таким образом,

$$b = \sqrt{\frac{C_b - C_{ус}}{30\gamma b_{ус}}}, \quad (9)$$

где C_b — стоимость постройки и содержания (за срок службы) 1 км головного участка ветки, р./км;

$C_{ус}$ — стоимость постройки и содержания 1 км уса, р./км;

$b_{ус}$ — стоимость пробега леса по усу, р./($m^3 \cdot km$).

Из формулы (7) и рис. 2, *б* видно, что координата $x_{пр} = 0$ при

УДК 629.1-44

**ОБОБЩЕННЫЕ СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
МИКРОПРОФИЛЕЙ ЛЕСНЫХ ДОРОГ***Н. И. БИБЛЮК, О. А. СТЫРАНИВСКИЙ, Б. Т. ПЕРЕТЯТКО,
А. А. БОЙКО*

Львовский лесотехнический институт

Диапазон практического применения результатов аналитического исследования случайных колебательных процессов транспортных машин значительно расширяется, если в качестве возмущающих воздействий задаются типовые характеристики, полученные при статистически обоснованном обобщении параметров неровностей микропрофилей существующих дорог.

В данной работе изложены основные положения методики и результаты измерения, обработки и обобщения характеристик продольных микропрофилей трелевочных волоков и наиболее распространенных типов лесовозных автодорог.

В качестве исходных данных использованы характеристики микропрофилей лесовозных дорог, приведенные в работах [1—5, 7—9, 11] и других, а также замеренные нами в различное время параметры микропрофилей грунтовых, грунтогравийных, щебеночных автомобильных лесовозных дорог и трелевочных волоков (табл. 1).

Неровности по следу движения транспортного средства измеряли двумя методами: геодезическим нивелированием и специальной одноосной тележкой. Скорость буксирования тележки автомобилем составляла 3—10 км/ч. Установленные на тележке гироскопический авиационный прибор ЦГВ-4, дополнительное копирующее колесо и потенциометрические датчики позволяли регистрировать на ленте шлейфового осциллографа электрические сигналы, отображающие изменение углов между продольной осью тележки и горизонтом, а также между образующей неровности продольного микропрофиля и профильной осью тележки в зависимости от пройденного пути.

Высотные отметки поверхности дороги с принятым шагом дискретизации микропрофиля (0,2 м) определяли геодезическими методами, используемыми при нивелировании, и численным интегрированием кривых углов наклона образующей неровности микропрофиля к горизонту, полученных в результате обработки осциллограмм методом пересечений.

Построение продольного профиля поверхности дороги по рассчитанным высотным отметкам, его спрямление на участках заданной длины и расчет статистических характеристик рядов распределения высот неровностей микропрофиля проводили на ЭВМ ЕС-1022, по разработанной авторами программе.

При аппроксимации корреляционных функций микропрофиля дорожной поверхности применяли алгоритм, изложенный в работе [6], в котором в качестве критерия аппроксимации использована сумма квадратов отклонений между экспериментальной и аппроксимирующей функциями. Однако, как показали многочисленные результаты аппроксимации, лучшие приближения достигаются при использовании в качестве критерия аппроксимации суммы отклонений, т. е. функционала:

Таблица 1

Характеристика неровностей продольных микропрофилей лесовозных дорог

$$(R(l) = D [A_1 e^{-\alpha_1 |l|} \cos \beta_1 l + A_2 e^{-\alpha_2 |l|} \cos \beta_2 l])$$

Тип дороги	σ , см	A_1	A_2	α_1 , с ⁻¹	α_2 , с ⁻¹	β_1 , с ⁻¹	β_2 , с ⁻¹	
Волок	7,82	0,922	0,078	0,054	—	0,382	0,650	
	17,49	0,950	0,050	0,047	—	0,235	0,530	
	17,86	1,000	—	0,057	—	0,242	—	
	9,42	0,727	0,273	0,015	0,003	0,230	0,469	
	20,66	0,919	0,081	0,041	0,001	0,164	0,500	
	28,85	1,000	—	0,010	—	0,190	—	
	8,35	0,938	0,063	0,020	0,003	0,180	0,990	
	15,30	1,000	—	0,015	—	0,183	—	
	9,79	1,000	—	1,920	—	0,870	—	
	9,12	0,580	0,420	2,060	0,390	1,840	—	
	10,81	0,380	0,620	0,610	0,230	0,720	0,160	
	8,91	0,670	0,330	2,110	0,140	1,510	0,210	
	Грунтовая	3,72	0,885	0,115	0,253	1,700	0,744	—
		8,72	1,000	—	0,020	—	0,265	—
5,91		0,850	0,150	0,033	0,001	0,195	0,474	
5,01		0,942	0,058	0,020	0,001	0,140	0,507	
4,39		0,911	0,089	0,029	0,003	0,315	0,637	
3,30		1,000	—	0,090	—	0,494	—	
2,44		1,000	—	0,447	—	0,462	—	
7,77		1,000	—	1,190	—	1,310	—	
9,94		0,670	0,330	0,930	0,310	1,120	0,130	
4,87	1,000	—	0,310	—	0,560	—		
Грунтогравийная	3,83	1,000	—	2,280	—	1,570	—	
	2,53	1,000	—	3,100	—	1,060	—	
Щебеночная	3,21	0,999	0,001	0,030	0,003	0,424	0,622	
	2,26	1,000	—	0,136	—	0,274	—	
	1,32	1,000	—	0,610	—	1,330	—	
	1,64	1,000	—	0,530	—	1,020	—	
	1,69	1,000	—	1,140	—	1,380	—	
	2,23	1,000	—	1,080	—	1,270	—	
	3,98	1,000	—	0,860	—	0,960	—	
	2,50	1,000	—	0,780	—	0,960	—	
	3,46	0,710	0,290	0,110	0,370	0,360	0,170	
	3,54	0,180	0,820	0,093	0,340	0,480	—	

$$W = \int_0^{\Delta l} |R_s(l) - R_a(l)| dl,$$

где $R_s(l)$, $R_a(l)$ — экспериментальная и аппроксимирующая корреляционные функции,

который и был положен в основу алгоритма определения постоянных коэффициентов аппроксимирующего выражения корреляционной функции микропрофиля.

Для получения сравнительной информации по результатам работ различных исследователей за характеристику корреляционной функции был принят интервал пути корреляции Δl [5], который независимо от ее вида во всех случаях вычисляли по формуле:

$$\Delta l = \int_0^{\infty} |R(l)| dl,$$

где $R(l)$ — корреляционная функция микропрофиля.

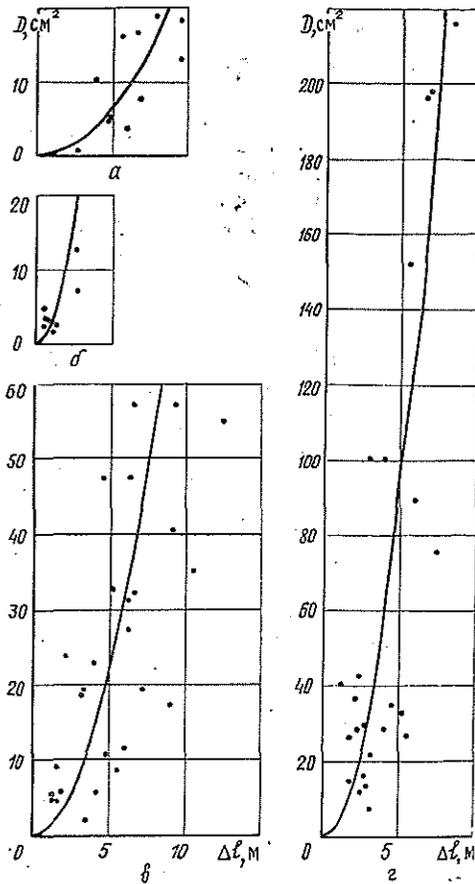


Рис. 1. Зависимость дисперсии микропрофиля лесных дорог от интервала пути корреляции. а — щебеночные дороги; б — грунтогравийные; а — грунтовые; з — трелевочные волоки.

На рис. 1 представлены зависимости дисперсии от интервала пути корреляции для различных типов лесных дорог. Несмотря на то, что измерения проводили разные исследователи на дорогах с разной степенью износа и в различных районах страны, зависимость дисперсии от интервала пути корреляции во всех случаях описывается одним выражением:

$$D = K^2 \Delta l^2,$$

где K — постоянный безразмерный коэффициент, характеризующий тип дороги.

Коэффициенты K для различных типов лесовозных дорог составляют: для трелевочного волока — $18,794 \cdot 10^{-3}$, грунтовой дороги — $9,247 \times 10^{-3}$, грунтогравийной — $15,145 \cdot 10^{-3}$, щебеночной — $5,07 \cdot 10^{-3}$.

По известному коэффициенту K при помощи критерия Стьюдента [10] определяли доверительный интервал дисперсии, отвечающий вероятности $p = 0,95$.

Корреляционная функция микропрофиля лесной дороги чаще всего представляется в виде [1, 4, 9, 11]

$$R(l) = D e^{-\alpha(l)} \cos \beta l,$$

где α и β — коэффициенты корреляционной связи.

Если обобщенные вероятностные характеристики микропрофиля лесной дороги также представить в виде упрощенной функции, то достаточно задать дисперсию и безразмерный постоянный коэффициент K , чтобы полностью определить функцию корреляции. Неизвестный коэффициент корреляционной связи α , характеризующий затухание:

$$\alpha = \frac{K}{\sigma},$$

где σ — средняя квадратичная высот неровностей микропрофиля.

Для определения коэффициента β , характеризующего периодичность, можно воспользоваться приближенной аналитической зависимостью между коэффициентами корреляционной связи $\beta/\alpha \approx 1,6$.

По известной корреляционной функции, при помощи обратного преобразования Фурье, может быть получена спектральная плотность воздействия микропрофиля. На рис. 2 в логарифмических координатах представлены обобщенные спектральные плотности для различных ти-

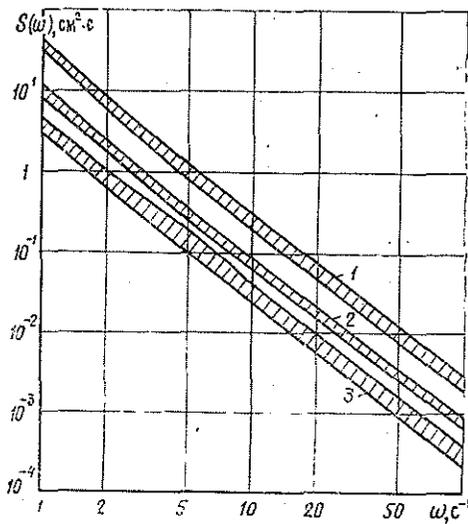


Рис. 2. Обобщенные спектральные плотности микропрофиля лесных дорог.

1 — трелевочный волок; 2 — грунтовая дорога;
3 — щебеночная дорога.

нов лесных дорог, которые с достаточной точностью аппроксимируются зависимостью:

$$S(\omega) = A\omega^{-N},$$

где A — постоянный коэффициент, соответствующий значению спектральной плотности данного типа дороги при $\omega = 1 \text{ с}^{-1}$;

ω — круговая частота;

N — показатель степени, характеризующий волнистость дороги.

В табл. 2 приведены установленные на основании изложенной методики коэффициенты обобщенных вероятностных характеристик микропрофилей основных типов лесных дорог.

Таблица 2

Обобщенные характеристики микропрофилей лесовозных дорог

Тип дороги	Корреляционная функция $R(l) = De^{-\alpha l } \cos \beta l$			Спектральная плотность $S(\omega) = A\omega^{-N}$	
	$D, \text{ см}^2$	$\alpha, \text{ с}^{-1}$	$\beta, \text{ с}^{-1}$	$A, \text{ см}^2 \cdot \text{с}$	N
Волок	69,14—27,76	0,23—0,36	0,36—0,57	40,7—28,8	2,13—2,18
Грунтовая	23,78—12,55	0,19—0,26	0,30—0,42	10,67—9,06	2,10—2,16
Щебеночная	14,14 5,50	0,14—0,22	0,22—0,35	4,60—2,89	2,0—2,14

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Данчук В. Г. Исследование нагрузочных режимов подвески лесовозных автопоездов на базе трехосных автомобилей повышенной проходимости: Автореф. дис. . . . канд. техн. наук.— Львов, 1973.— 24 с. [2]. Добрынин Ю. А. Исследование вертикальной динамики колесного трактора на трелевке леса в условиях рубок промежуточного пользования: Автореф. дис. . . . канд. техн. наук.— Л., 1973.— 25 с. [3]. Жуков А. В., Майко И. П., Калуба С. М. Статистические характеристики и моделирование непрерывно действующих возмущений от неровностей дорог и лесных волоков.— В кн.: Машины и орудия для механизации лесозаготовок и лесного хозяй-

ства. Л.: ЛТА, 1980, вып. 9, с. 24—29. [4]. Малиновский Е. Ю., Гайцгорн М. М. Динамика самоходных машин с шарнирной рамой.— М.: Машиностроение, 1974.— 176 с. [5]. Пархиловский И. Г. Автомобильные листовые рессоры.— М.: Машиностроение, 1978.— 132 с. [6]. Перетятко Б. Т., Билык Б. В. Оценка точности аппроксимации корреляционных функций микропрофиля дорожной поверхности.— Тр./ ЦНИИМЭ, 1982, с. 78—81. [7]. Рыскин Ю. Е. Исследование вопросов плавности хода лесного колесного тягача: Автореф. дис. . . канд. техн. наук.— Химки, 1973.— 23 с. [8]. Семенов М. Ф., Солдатенков В. И. Статистические характеристики микропрофилей волоков и нагруженность силовой передачи трактора ТБ-1.— Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1979, № 6, с. 35—39. [9]. Силуков Ю. Д., Плужников Н. Н. Статистические характеристики воздействия микропрофиля лесовозных дорог.— Автомоб. пром-сть, 1973, № 5, с. 20—22. [10]. Смирнов Н. В., Дунин-Барковский И. В. Курс теории вероятностей и математической статистики.— М.: Наука, 1969.— 511 с. [11]. Хлуд В. Я. Установление статистических характеристик микропрофилей горных лесовозных дорог Краснодарского края.— Тр./ ЦНИИМЭ, 1974, с. 128—134.

Поступила 15 июля 1985 г.

УДК 630*378.5

ДВИЖЕНИЕ СПЛОТНОЙ ЕДИНИЦЫ В СОРТИРОВОЧНОМ УСТРОЙСТВЕ

Г. Я. СУРОВ, В. А. БАРАБАНОВ

Архангельский лесотехнический институт

В Северодвинском бассейне изменение траектории движения пучка в сортировочном устройстве осуществляется при помощи плавающего рычага, снабженного потокообразователем [1]*. После прекращения воздействия рычага пучок движется по инерции и попадает в окно сортировочного коридора. Для того чтобы установить момент прекращения воздействия рычага и обеспечить необходимое положение пучка в сортировочном дворике, следует знать параметры траектории движения пучка.

Вопросами сортировки пучков на лесосплавных рейдах занимались К. А. Чекалкин, Е. В. Хазов и другие исследователи. Так, в работах [4, 6] рассмотрена сортировка пучков гидравлической струей, а в работе [5] приводятся два параметрических уравнения для построения траектории перемещения пучка с одной фигурной плитки на другую.

Ниже рассматривается движение пучка в сортировочном устройстве под воздействием плавающего рычага с учетом сил влечения от уклона водной поверхности и ветра.

В системе неподвижных координат, изображенной на рисунке, движение пучка по оси Y описывается следующим уравнением (разгон пучка потоком):

$$m_y \ddot{y} = k_y (v_p - \dot{y}) + R_i \pm R_{vy}, \quad (1)$$

где m_y — действующая масса пучка с учетом масс воды в пустотах пучка и присоединенной массы в направлении оси Y ;

\ddot{y} — ускорение пучка вдоль оси Y ;

k_y — коэффициент пропорциональности составляющей силы сопротивления воды вдоль оси Y ;

v_p — скорость течения реки;

\dot{y} — скорость пучка по оси Y ;

R_i — сила влечения пучка от уклона поверхности реки;

* Устройство применяется с 1978 г. на лесосплавных рейдах производственного объединения Двиносплав.