

ОЦЕНКА КОРРЕЛЯЦИОННОЙ СВЯЗИ МЕЖДУ ПАРАМЕТРАМИ НЕРОВНОСТЕЙ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

При теоретических исследованиях динамики транспортных систем в качестве функции воздействия используются статистические характеристики реального микропрофиля. Однако во многих случаях это воздействие удобно выразить аналитически. Для этого необходимо установить зависимость между высотами и длинами неровностей.

Высота и длина неровности полностью характеризует ее размеры, а плавные естественные очертания дают право считать ее форму синусоидальной или близкой к ней. Следовательно, если заранее известна с некоторым приближением форма неровности, то размеры ее будут зависеть от двух параметров — высоты и длины, которые образуют при совместном рассмотрении систему случайных величин.

Такой подход к решению задачи осуществлялся Ю.А.Добрыниным [1], который провел исследования по установлению корреляционной связи между длинами и высотами неровностей для трелевочных волокон и дорог. Эти исследования подтвердили целесообразность применения такой методики к решению задач динамики лесотранспортных систем.

Однако полученные данные недостаточны и требуют дальнейшей систематизации и накопления результатов для различных дорожных условий, которые для автомобильных лесовозных дорог практически не производились. Все это свидетельствует об актуальности решения данного вопроса.

Для оценки корреляционной связи высот и длин неровностей была произведена запись тринадцати характерных участков дорог с различными типами покрытий — асфальтобетонным, булыжным, гравийным, грунтовым. Запись микропрофиля производилась на осциллограмму с помощью специальной тележки [2]. Длина участка выбиралась в зависимости от типа покрытия. Обработка осциллограмм производилась следующим образом. В корреляционные таблицы заносились параметры неровности — высота и длина, которые брались из осциллограмм, получаемых при записи микропрофиля дорог. Кроме того, измерялось расстояние между неровностями по их вершинам. Затем составлялись сводные корреляционные таблицы (рис. 1) для каждого типа покрытия, которые послужили исходными данными для определения статистических характеристик параметров неровностей (длины и высоты) и установления корреляционной связи между ними. Первичная обработка осциллограмм позволила получить статистические характеристики микропрофилей дорог с различными типами покрытий, которые приведены в табл. 1.

Основные статистические характеристики для высот и длин неровностей позволили установить связь между ними, для чего по строкам и столбцам корреляционных таблиц определили условные средние значения высот H_i и длин S_i неровностей. Анализ вычисленных средних значений по строкам и столбцам

		Высота неровностей Н, мм														Σ	\bar{H}	
		4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28				
Длина неровностей S, м	0,60		1														1	6
	0,66				1												1	8
	0,72	1	1						1								3	9,3
	0,78	1	1		1												3	6
	0,84		1														1	6
	0,90		3	1													4	6,5
	0,96		3	3					1								7	8,3
	1,02		2	1	1				1								5	9,2
	1,08		1	1	3												5	8,8
	1,14	1		3	2												6	7,7
	1,20			3	1	1											5	9,2
	1,26		2	1					2								5	10,4
	1,32		1		1						1						3	12,0
	1,38	1	3	1	4	1											10	8,0
	1,44		1	2		1											4	8,5
	1,50					1											1	12
	1,56		2		1									1			4	12
	1,62		1	4		3											8	9,3
	1,68		3		1		1	1									6	9,7
	1,74			1	2	2					1						6	12
	1,80						1				1						2	17
	1,86				4	1											5	10,4
	1,92			1	1	1			2	2	2						9	15,3
	1,98				1										1		2	18
	2,04			1	1					1						1	4	16
	2,10		1			2											3	10
	2,16		1			1								1			3	14
	2,22			1	1			2									4	12,5
	2,28			2	2	1			1		1						7	12,6
	2,34				2		1								1		4	15
	2,40										1		1				2	22
	2,46				2		1		1								4	13
	2,52			1		1											2	10
2,58		1														1	6	
2,64				1				1								2	13	
2,70				2												2	10	
2,76																-	-	
2,82																-	-	
2,88						1										1	14	
2,94									1							1	18	
3,00		1														1	8	
3,06																-	-	
3,12											1					1	22	
3,18																-	-	
3,24																-	-	
3,30				1									1			2	17	
Σ		4	29	28	36	16	5	10	7	6	2	3	3	1		150		
\bar{S}		1,0	1,3	1,53	1,77	1,8	2,23	1,71	2,04	1,9	2,7	2,62	1,96	2,04				

Р и с. 1. Корреляционная таблица опытного дорожного уч. 3 (Н и S — средние значения высоты и длины неровностей по столбцам и строкам корреляционной таблицы).

Статистические характеристики опытных
участков дорог

Наименование параметра, тип дорожного покрытия	№ опытного участка	Размерность	Математическое ожидание	Среднеквадратичное отклонение
Высота неровностей				
асфальтобетон	1	мм	13,00	5,70
булыжник	2	мм	29,30	12,70
гравий	3	мм	11,10	5,20
грунт	4	мм	21,60	10,10
Длина неровностей				
асфальтобетон	1	м	1,58	0,35
булыжник	2	м	0,18	0,06
гравий	3	м	1,69	0,61
грунт	4	м	2,21	1,32

корреляционных таблиц показывает, что с увеличением длины неровности увеличивается ее высота.

Это указывает на наличие между высотами и длинами неровностей положительной корреляционной связи. Для установления такой связи вначале определяли коэффициент корреляции, предусматривающей вычисление по условным средним значениям строк и столбцов корреляционных таблиц:

$$r_{12} = \frac{\sum_{i=1}^n n_i \left(\frac{\bar{H}_i - H}{c_H} \right) \left(\frac{\bar{S}_i - S}{c_S} \right)}{n \sigma_H \sigma_S} \quad (1)$$

где \bar{H}_i , \bar{S}_i — условные средние значения по строкам и столбцам корреляционной таблицы; H , S — средние значения высоты и длины неровности; σ_H , σ_S — среднеквадратичные отклонения высот и длин неровностей; c_H , c_S — величина разряда; n — объем ряда.

Зная статистические характеристики для каждой случайной величины (табл. 1) и коэффициент корреляции r_{12} , можно установить корреляционную зависимость между ними.

Установление корреляционного уравнения сводится к определению типа уравнения и вычислению коэффициентов, входящих в него. Тип корреляционного уравнения обуславливается характером связи между случайными величинами.

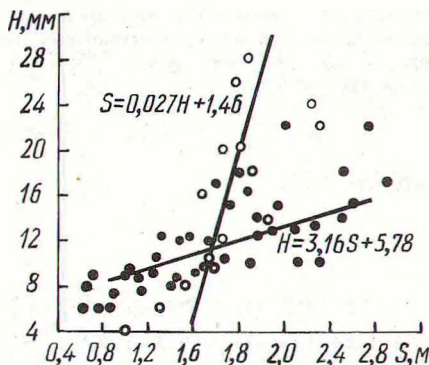
На график зависимости высот неровностей от их длин (рис. 2) наносим эмпирические точки, соответствующие условным средним значениям корреляционной таблицы (рис. 1). Анализируя характер расположения этих точек, нетрудно заметить, что они группируются около прямой линии. Считая незначительные отклонения точек от прямой случайными, можно показать, что в рассматриваемых случаях имеет место прямолинейная корреляционная связь. На это указывают и численные значения коэффициента корреляции, которые приведены ниже для различных типов дорожного покрытия:

асфальтобетон — $r_{12}^I = 0,17$; гравий — $r_{12}^{III} = 0,6$;
булыжник — $r_{12}^{II} = 0,76$; грунт — $r_{12}^{IV} = 0,27$.

Корреляционное уравнение зависимости вероятного значения высоты неровности H от ее длины S имеет вид [1]

$$\bar{H} = H + r_{12} \frac{\sigma_H}{\sigma_S} (S - \bar{S}). \quad (2)$$

В некоторых случаях представляет интерес обратная зависимость случайных величин, т.е. длины неровности от ее высоты.



Р и с. 2. Прямые корреляционные зависимости между высотой и длиной неровностей опытного уч. 3.

Для этого в уравнении (2) достаточно поменять местами символы случайных величин и их основных отклонений:

$$\bar{S} = S + r_{12} \frac{\sigma_S}{\sigma_H} (H - \bar{H}). \quad (3)$$

Для данной зависимости коэффициенты корреляции, вычисленные по формуле (1), имеют следующие значения: асфальтобетон — $r_{12}^I = 0,54$; булыжник — $r_{12}^{II} = 0,97$; гравий — $r_{12}^{III} = 0,58$; грунт — $r_{12}^{IV} = 0,71$.

Подставляя в выражения (2) и (3) численные значения статистических характеристик для каждого из исследуемых микропрофилей дорожного покрытия, запишем уравнения регрессии: асфальтобетон — $\bar{H}_1 = 2,11S + 9,37$; $\bar{S}_1 = 0,21H + 1,28$; булыжник — $\bar{H}_2 = 0,80S + 14,85$; $\bar{S}_2 = 0,18H + 13,97$; гравий — $\bar{H}_3 = 3,16S + 5,78$; $\bar{S}_3 = 0,027H + 1,46$; грунт — $\bar{H}_4 = 2,36S + 15,89$; $\bar{S}_4 = 0,03H + 1,10$.

Построив уравнения регрессии, согласно выражениям (2) и (3) (рис. 2), отмечаем хорошее совпадение с ними эмпирических точек. Это явление подтверждает гипотезу о прямолинейной корреляционной связи высот и длин неровностей для исследуемых опытных участков дорог. При практических расчетах можно пользоваться как прямой зависимостью, так и обратной, т.е. составлять как первое (2), так и второе (3) уравнения регрессии.

Используя связь длины неровности с частотой, на которой проявляется максимум спектральной плотности, можно определить преобладающее значение длины S' для каждого опытного участка дороги по формуле

$$S' = \frac{2\pi v}{w},$$

где v — скорость движения; w — частота.

Зная преобладающее значение длины неровности опытного участка, по зависимости (2) и (3) можно определить ее высоту.

Изложенная методика позволяет определить преобладающие значения параметров синусоидального профиля, а полученные законы распределения микронеровностей дороги дадут возможность перейти к исследованиям нагруженности элементов лесотранспортных машин на эталонных неровностях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Д о б р ы н и н Ю.А. Исследование вертикальной динамики колесного трактора на трелевке леса в условиях рубок промежуточного пользования. — Дис. ... канд. техн. наук. — Л., 1973. — 170. 2. М и т р о п о л ь с к и й А.К. Техника статистических вычислений. — М.: Наука, 1971. — 576 с.

УДК 634.03.34

А.В. ГЕРМАЦКИЙ, канд. техн. наук,
А.А. БЕЛОВ (БТИ)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТАБИЛИЗАТОРА ПОПЕРЕЧНЫХ КОЛЕБАНИЙ НА ДИНАМИКУ АВТОПОЕЗДА С ГИДРОМАНИПУЛЯТОРОМ

В лесном хозяйстве БССР широкое распространение получают лесовозные автопоезда, оборудованные стреловыми гидроманипуляторами (СГМ) для самозагрузки древесиной.

Динамическая модель, позволяющая вести расчетно-теоретические исследования машин такого класса, должна учитывать наличие подрессоренных и неподрессоренных масс, упругую податливость подвески, шин, манипулятора и дерева.

Расчетная схема колебаний, соответствующая двухосной машине, при операциях с полуподнятым деревом показана на рис. 1. Масса поворотной колонны СГМ приводится к подрессоренной массе машины M_1 , масса M_2 включает массу захвата, приведенную массу стрелы и дискретную массу дерева.

Модель дерева принята трехмассовой [1]. Масса M_4 , включающая массу кроны, находится на грунте.

В отличие от известных [2, 3], данная расчетная модель учитывает связь вертикальных и угловых колебаний системы. Кроме того, она позволяет рассмотреть колебания системы в поперечной и продольной плоскостях.

Рассматриваем один из наиболее тяжелых режимов работы машины — подъем стрелой комлевой части дерева, лежащего на грунте. Положение СГМ — поперек продольной оси машины. Внешнее воздействие на систему передается при пуске или торможении гидроцилиндра стрелы.

Рассматривая плоскую модель, выделяем в качестве основных шесть степеней свободы, которые характеризуются следующими обобщенными координатами: $Z_1, \theta, Z_2, Z_3, \xi_1$ и ξ_2 .

Дифференциальные уравнения движения системы получены с помощью уравнения Лагранжа II рода.