

А. В. Жуков, д-р техн. наук, доц.,
И. П. Майко, канд. техн. наук, доц.,
С. М. Кашуба, инж.

*Белорусский технологический институт имени
С. М. Кирова*

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕПРЕРЫВНОДЕЙСТВУЮЩИХ ВОЗМУЩЕНИЙ ОТ НЕРОВНОСТЕЙ ДОРОГ И ЛЕСНЫХ ВОЛОКОВ

Известно, что основными источниками возмущения на транспортную систему следует считать воздействия от неровностей дороги, а также силы, возникающие при резком изменении режимов или направления движения.

Много исследований проведено по изучению характеристик воздействия от неровностей дорог. Однако данных, которые учитывали бы разнообразие типов лесных дорог, волоков и подъездных путей, еще недостаточно.

Замеры микропрофилей, произведенные нами на дорогах с различными типами покрытий, на ветках, усах и волоках в БССР, Ленинградской области и Литовской ССР позволили собрать значительный статистический материал, характеризующий степень их ровности. Всего было обмерено более 50 участков дорог и волоков общей протяженностью более 25 км. Выбор опытных участков производился в соответствии с необходимыми требованиями [3]; [5].

Обработка данных натуральных замеров производилась по общепринятой методике. Вычислялись среднеквадратичные значения высот неровностей, корреляционные функции и спектральные плотности микропрофилей.

Лесотранспортная система при движении может подвергаться единичным воздействиям со стороны неровностей различной формы. При плавном очертании неровности ее профиль может быть синусоидальным.

Форма единичной неровности может быть ступенчатой, однако и в этом случае для колесных машин с учетом нивелирующей способности шин [4] ее очертания принимаются плавными.

Рекомендуется при инженерных расчетах плавности хода сельскохозяйственных и других машин за расчетный принимать резонансный режим воздействия при синусоидальной форме неровностей грунта.

Ю. Д. Добрыниным [4] и др. установлена корреляционная связь между длинами и высотами неровностей. По его данным на профиллограммах волоков Ленинградской области (суглинистые и супесчаные грунты) выделяются неровности высотой 1 см и длиной 0,5—3,4 м. Для определения параметров условной неровности могут быть использованы данные настоящей работы или методика Е. И. Колычева и И. М. Перельцайга. Для лесных грунтовых дорог и волоков выбор параметров неровностей может быть ориентировочно произведен по приведенным данным, установленным по литературным источникам, и нашим данным по обработке профиллограмм микропрофилей с учетом наиболее вероятных воздействий: высоты неровностей 2—4; 4—5; 5—8 см; длины неровностей соответственно 0,9—1,49; 1,1—1,6; 1,5—2,5.

В большинстве случаев корреляционные функции аппроксимируются формулами: $\rho(\tau) = A_1 e^{-a_1|\tau|} + A_2 e^{-a_2|\tau|} \cdot \cos \beta\tau$; $\rho(\tau) = A_1 e^{-a_1|\tau|} \times \cos \beta_1\tau + A_2 e^{-a_2|\tau|} \cos \beta_2\tau$; $\rho(\tau) = A_1 e^{-a_1|\tau|} \cos \beta\tau$.

Среднеквадратичные значения σ_n высот неровностей изменяются в широких пределах: асфальтобетонное и цементобетонное шоссе 0,14—2,49 см; булыжное шоссе 0,49—3,55 см; грунтовые полевые дороги и местность 1,36—8,18 см; лесовозные гравийные и грунтовые дороги соответственно 1,55—5,18 и 1,63—6,11 см; ветки 2,38—6,1 см, усы 2,98—8,97 см; трелевочные волокна магистральные и пасечные соответственно 2,41—5,84 см и 2,53—6,91 см.

Характер корреляционных функций, зависящий от вида уравнений и численных значений входящих в них постоянных коэффициентов, может существенно различаться даже для дорог одной группы (рис. 1).

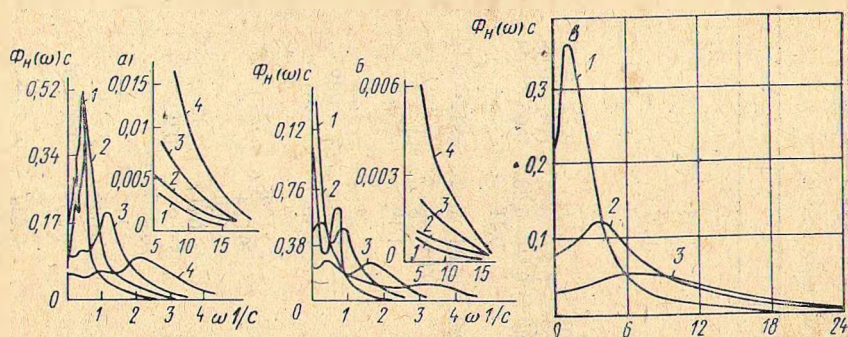


Рис. 1. Нормированные корреляционные функции грунтовых (а—уч. 2 и 4) дорог с булыжниками (б—уч. 29) и гравийным (в—уч. 16) покрытиями, а также лесной дороги (г), магистрального и пасечного волоков (д—уч. 42 и 44): 1,3—аналитические; 2,4—экспериментальные кривые; а—1, 2—уч. 2; 3,4—уч. 4; б—1,2—уч. 29; 3,4—уч. 44

Например, уч. 23 имеет ровное булыжное покрытие без ям и бугров. Размер камней (в диаметре) 10—15 до 18 см. По сравнению с другими участками он имеет короткие неровности и в связи с этим, как мы видим из таблицы, коэффициенты корреляционной связи для него значительно отличаются от коэффициентов других участков. Если для уч. 29 $a_1=2,41$ 1/с; $a_2=0,311$ 1/с; $\beta=4,36$ 1/с, то для уч. 4, например, $a_1=0,128$ 1/с; $a_2=0,015$ 1/с; $\beta=0,131$ 1/с.

При уменьшении a корреляционная функция убывает медленнее, вид случайной функции будет более плавный, т. е. преобладают неровности большой длины. Сравнивая графики на рис. 1, а и б видим, что корреляционная функция уч. 29 убывает значительно быстрее, чем уч. 4 (грунтовая дорога). Еще более медленное убывание наблюдается у корреляционных функций уч. 16 (рис. 1, в), что является вполне закономерным, так как этот участок имеет неровности гораздо большей длины.

Время корреляционной связи τ_0 , характеризующее осредненную длину неровности, для большинства участков дорог значительно изменяется. Большие значения соответствуют участкам с асфальтобетонным и гравийным покрытиями, меньше — грунтовым дорогам и волокнам (см. рис. 1).

Статистические показатели микропрофилей автомобильных дорог
и трелевочных волоков

1 Тип дороги, волока	Показатели								8 Авторы, ссылка на литературу
	2	3	4	5	6	7	7		
Гравийная лесовозная дорога	—	1,0	—	1,04	—	—	1,1	—	А. Ф. Андрейчук
Горная лесовозная дорога со щебе- ночно-гравийным покрытием (маги- страли, ветки, усы)	1,55 2,38 3,92	1,0 — —	— — —	1,37 — —	— — —	— — —	1,23 — —	—	Н. И. Бяблук [1]
Лесные дороги, магистральные во- локи	2,41—2,98 5,7—5,84 3,4—3,9 3,35	0,3—0,39 0,58—0,65 0,7—0,75 1,0	0,61—0,70 0,35—0,42 0,25—0,30 —	0,21 0,12—0,14 0,19—0,23 0,41	0,57—0,67 0,07—0,08 0,06—0,08 —	1,4 0,39—0,42 0,31—0,34 0,62	—	—	Ю. А. Добрынин [4]
Пасечные волоки	6,3—6,5	0,20—0,23	0,77—0,80	0,04—0,05	0,12—0,14	0,25—0,28	—	—	—
Гравийные лесовозные дороги	—	1,0 1,0	— —	0,78 1,19	— —	— —	0,96 1,31	—	И. П. Ковтун [2]
Магистральный волок. Пасечный во- лок, лесосока	2,5—4,5 5,4 5,1	— 0,97 1,0	— — —	— 0,03 —	— — —	— — —	— 2,48 0,298	—	Ю. Е. Рыскин [5]
Основные дороги — гравийное по- крытие на песчаном основании	2,75 4,32 2,27 3,59	1,0 1,0 1,0 1,0	— — — —	0,1025 0,084 0,1669 0,0812	— — — —	— — — —	0,115 0,1646 0,0936 0,059	—	Ю. Д. Силуков, Н. И. Плужников
Ветки с гравийным укатанным слоем	5,24 6,08 4,86 6,1	1,0 1,0 1,0 1,0	— — — —	0,036 0,112 0,029 0,187	— — — —	— — — —	0,107 0,129 0,111 0,0598	—	—
Лесовозные усы	6,42 8,97 7,65	1,0 1,0 1,0	— — —	0,017 0,0194 0,0206	— — —	— — —	0,065 0,068 0,2114	—	—

Лесовозные грунтовые дороги:

уч.	1,21; 63	1,7 1,0	—	0,12; 0,16	1,02; 1,08	По результатам наших исследований
уч. 3—4	4,7	0,71	0,29	0,018	0,036	$\beta_1 = 0,105; \beta_2 = 0,262$
уч. 4	4,7	0,70	0,30	0,128	0,015	0,131
уч. 5—7	3,46—6,11	0,65—0,80	0,20—0,35	0,12—0,28	0,06—0,16	0,12—0,35

Гравийные дороги:

уч. 8—12	0,51—0,82	1,0	—	0,33—0,56	—	0,52—0,088
уч. 13—15	0,82—1,03	0,87—0,94	0,06—0,13	0,21—0,45	0,05—0,081	0,37—0,62
уч. 16—23	1,23—2,52	0,78—0,95	0,05—0,22	0,05—0,20	0,05—0,062	$\beta_1 = 0,06—0,08$
уч. 24—28	3,33—5,18	0,7—0,9	0,1—0,3	0,06—0,097	0,025—0,08	$\beta_2 = 0,628—1,42$
						$\beta_1 = 0,022—0,040$
						$\beta_2 = 0,0224—0,314$

Лесовозные ветки и усы:

уч. 36—41	1,00—3,44	1,0	—	0,78—0,84	—	0,06—0,143
-----------	-----------	-----	---	-----------	---	------------

Трелевочные волоки:

уч. 42—45	3,45—6,91	0,19—0,70	0,3—0,81	0,04—0,21	0,07—0,15	0,24—0,35
уч. 46—53	3,72—8,04	0,17—0,80	0,20—0,83	0,04—0,25	0,08—0,18	0,22—0,39

Анализ корреляционных функций показал, что на исследуемых опытных участках характер изменения графиков превышений левой колеи над правой имеет несколько более плавный вид, чем продольные микропрофили тех же участков.

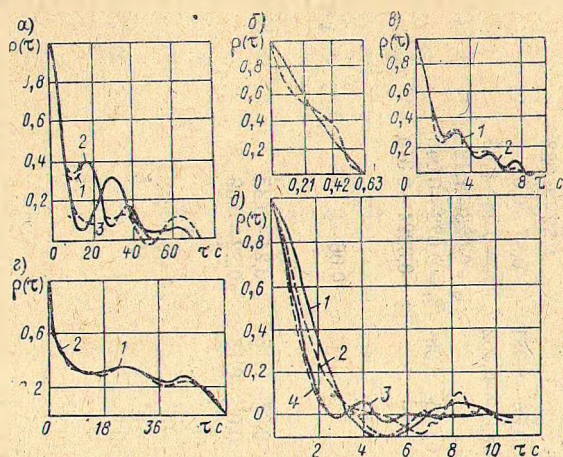


Рис. 2. Нормированные спектральные плотности воздействия опытных участков грунтовой дороги (а, б — уч. 4) и пасечного волокна (в); (а, в — воздействие в продольной плоскости; б — воздействие в поперечной плоскости): а, б — 1 — $v = 2,78$ м/с; 2 — 4,17; 3 — 8,33; 4 — 16,7 м/с; в — 1 — $v = 1$; 2 — 5; 3 — 7 м/с

Как и коэффициенты корреляционной связи, спектральная плотность зависит от скорости движения, поэтому вид графиков (рис. 2) для каждой скорости различен. Из графиков спектральных плотностей видно, что микропрофили лесных дорог и волоков в состоянии возбуждать колебания в широком спектре частот. Ширина диапазона частот зависит от скорости движения, типа и состояния покрытия дороги и волокна. Область проявления максимумов при $V = 1$ м/с не превышает 10 1/с. Спектральная плотность так же, как и корреляционная функция, является симметричной убывающей функцией. С увеличением частоты интенсивность возмущения уменьшается. Корреляционные функции микропрофиля лесовозных дорог, как правило, имеют затухающий колебательный знакопеременный характер в отличие от дорог общего пользования, для которых $R(\tau)$ чаще имеют монотонное убывание. Этого нельзя сказать относительно веток, усов и волоков, однако частота колебаний корреляционной функции для них ниже, чем для магистральных путей.

Спектральные плотности лесовозных дорог и волоков в сравнении с большинством дорог общего пользования имеют большую крутизну и характеризуются более высокими дисперсиями в области низких частот.

Литература

1. Билюк Н. И. Исследование некоторых вопросов вертикальной динамики автопоездов. Канд. дис. Львов, 1968.
2. Ковтун И. П. Исследование некоторых вопросов динамики лесовозного автопоезда при взаимодействии с неровностями дороги. Канд. дис. Львов, 1976.

3. Певзнер Я. М., Тихонов А. А. Исследование статистических свойств микропрофиля основных типов автомобильных дорог. «Автомобильная промышленность», 1964, № 1.

4. Добрынин Ю. А. Некоторые результаты статистического исследования микропрофиля трелевочных волоков.— «Машины и орудия для механизации лесозаготовок и лесного хозяйства». Научн. тр. № 647. Л., ЛТА им. С. М. Кирова, 1972.

5. Рыскин Ю. Е. Особенности микропрофиля трелевочных волоков и их статистические характеристики. — В кн.: Вопросы создания колесных трелевочных тягачей. Труды ЦНИИМЭ, вып. 103, Химки, 1970.

УДК 531.634.05

В. М. Троязыков, ассист.,
Ленинградская лесотехническая академия

ИССЛЕДОВАНИЕ НАГРУЗОК, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА МАШИНУ МАНИПУЛЯТОРНОГО ТИПА В ПРОЦЕССЕ ВАЛКИ И КОРРЕКЦИИ ПЛОСКОСТИ ПАДЕНИЯ ДЕРЕВА*

Из эксплуатации лесозаготовительных машин манипуляторного типа на валке леса известно, что на выборочных рубках и рубках ухода необходимо согласовывать вертикальную ось дерева с вертикальной плоскостью манипулятора (вертикали). В противном случае на манипуляторе возникают значительные скручивающие моменты, превышающие вес срезаемого дерева [1].

Рассогласованность вертикалей предмета труда — дерева и машины манипуляторного типа возникает в результате передвижения ее по неровностям лесосеки, эксцентриситета кроны, действия ветровой нагрузки и естественного отклонения деревьев от вертикали [2].

Явление рассогласованности вертикалей значительно влияет на область применения машин манипуляторного типа на валке деревьев, создавая неблагоприятные нагрузки на манипулятор и ограничивая возможности самой машины.

Ниже приводится метод исследования нагрузок, возникающих на манипуляторе, с учетом явления рассогласованности вертикалей машины и дерева.

Для анализа и определения величины нагрузки, возникающей при рассогласованности вертикалей, рассмотрим процесс валки дерева на манипулятор с одновременной коррекцией плоскости падения дерева при помощи специального устройства, установленного в верхней части манипулятора и имеющего направляющие [3]. Способ валки, когда срезанное дерево предварительно валят на манипулятор, известен и широко применяется в производстве при рубке деревьев, превышающих грузоподъемность манипулятора. Расчетная схема для определения нагрузок, действующих в процессе валки и одновременной коррекции плоскости падения дерева, приведена на рис. 1.

Начальное положение дерева определяется прямой OK . В течение всего процесса валки и коррекции дерево постоянно соприкасается с направляющей корректирующего устройства CD в точке B , текущие координаты которой φ и ψ . Дерево и направляющая корректирующего

* Работа выполнена под руководством проф. С. Ф. Орлова и доц. Ю. Г. Артамонова.