

МЕТОДИКА АНАЛИТИЧЕСКОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ ФУНКЦИЙ МИКРОПРОФИЛЕЙ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ

В настоящее время углубленное исследование вероятностных характеристик микропрофиля дорожных покрытий различного типа вызвано необходимостью применения методов статистической динамики к решению широкого круга различных практических и теоретических задач, связанных с изучением эксплуатационных качеств лесовозных автопоездов в естественных дорожных условиях.

Интерес к микропрофилю лесовозных дорог обуславливается его силовым воздействием на движущуюся транспортную систему, которое влияет на плавность хода и в конечном итоге на прочность и долговечность конструкции, а также используется для моделирования процесса движения лесовозных автопоездов, что дает возможность изучить основные технико-эксплуатационные показатели на вывозке леса.

Непрерывно действующие возмущения при движении по дороге с неровной поверхностью имеют случайный характер. Обработка экспериментальных данных (измеренного реального микропрофиля) производится с целью замены их случайного характера статистическим законом типа кривых вероятностных процессов.

При нормальном распределении ординат микропрофиля исчерпывающей вероятностной характеристикой является его корреляционная функция. Она определяет внутреннюю структуру процесса, поскольку по ней можно определить спектральную плотность, характеризующую распределение дисперсии случайной функции по частотам. Косвенный метод определения спектральной плотности, основанный на предварительном вычислении корреляционной функции, часто имеет некоторые преимущества по сравнению с непосредственным методом, который основан на определении коэффициентов разложения заданной экспериментальной кривой в ряд Фурье. Основное из этих преимуществ заключается в том, что, зная вид корреляционной функции, можно правильно выбрать необходимую продолжительность интервала τ , достаточную для получения требуемой точности, в то время как не зная вида этой функции, интервал τ необходимо брать с большим запасом.

Ранее проведенные исследования показывают, что нормированные функции корреляции микропрофиля всех обмеренных дорог независимо от типа покрытия и степени износа достаточно близко аппроксимируются следующими аналитическими зависимостями [1-3] :

$$\left\{ \begin{array}{l} \rho(\tau) = e^{-a|\tau|} \cos \beta \tau ; \\ \rho(\tau) = A_1 e^{-a_1|\tau|} + A_2 e^{-a_2|\tau|} \cos \beta \tau ; \\ \rho(\tau) = A_1 e^{-a_1|\tau|} \cos \beta_1 \tau + A_2 e^{-a_2|\tau|} \cos \beta_2 \tau . \end{array} \right. \quad (1)$$

Результаты анализа корреляционных функций различных дорожных участков показывают, что дороги со сравнительно ровной поверхностью и с длинными неровностями (например, асфальт) имеют наиболее пологий характер протекания кривых корреляционных функций, а следовательно, и наиболее низкочастотный состав спектра воздействия. Наиболее крутое протекание кривых (например, булыжника) соответствует высокочастотному спектру.

На характер протекания корреляционной функции указывает величина коэффициентов α и β , которые входят в уравнения (1), ее выражающие. Чем больше коэффициент α , тем быстрее идет убывание функции. Коэффициент β характеризует периодичность, следовательно, в случайном процессе, описывающем микропрофиль, существует элемент периодичности с преобладающей частотой β .

Как правило, процесс подбора коэффициентов аппроксимирующего уравнения довольно трудоемкий. Значительно облегчить и ускорить его возможно с помощью ЭВМ (например, "Мир-2").

Для определения параметров α , β , A используем метод наименьших квадратов. Сумму квадратов отклонений получим по формуле:

$$y(A, \alpha, \beta) = \sum_{\tau=1}^N (F(A, \alpha, \beta, \tau) - \rho\tau)^2.$$

Следовательно, параметры A , α , β должны быть подобраны так, чтобы функция $Y(A, \alpha, \beta)$ имела минимальное значение.

Используя необходимые условия экстремума функции многих переменных, получим систему:

$$\begin{cases} \frac{\partial Y}{\partial A} = 0; \\ \frac{\partial Y}{\partial \alpha} = 0; \\ \dots \\ \frac{\partial Y}{\partial \beta} = 0. \end{cases}$$

Программа реализует метод случайного поиска для отыскания условного экстремума многопараметрического явного функционала от N параметров

$$Y = f(A_1, A_2, \alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2) \quad (2)$$

и при ограничении

$$d < Y, \quad (3)$$

где $d = \text{const}$.

Поиск осуществляется в N -мерной допустимой области $R^{(N)}$:

$$\begin{cases} a_1 \leq A \leq b_1; \\ a_2 \leq \alpha \leq b_2; \\ \dots \\ a_N \leq \beta \leq b_N. \end{cases} \quad (4)$$

Задача заключается в отыскании такого вектора

$$X^* = (A_1, A_2, a_1^*, a_2^*, \beta_1^*, \beta_2^*) \in R^{(N)},$$

для которого достигается минимум функционала вида (2) в допустимой области

$$Y(X^*) = \min_{X \in R^{(N)}} Y(X)$$

при ограничениях (3), (4).

Отыскание локального экстремума функционала в заданной области поиска осуществляется при помощи метода случайного поиска "с пересчетом".

Из начальной точки X^0 координаты вычисляются по формуле

$$X_i^0 = (a_i + b_i)/2,$$

где a_i и b_i — нижняя и верхняя границы параметра. Делается шаг в пространстве переменных $R^{(N)}$ в случайном направлении:

$$X_i^{(n+1)} = X_i^{(n)} + \Delta X_i^{(n+1)},$$

где n — номер шага; $\Delta X^{(n+1)}$ — шаг в пространстве $R^{(N)}$.

Если точка оказывается "хорошей", т.е. удовлетворяет условиям (4), то вычисляется значение минимизирующего функционала в этой точке.

Если значение минимизирующего функционала в новой точке удовлетворяет поставленному требованию, т.е. оно меньше значения в предыдущей точке, то новый случайный шаг делается из этой точки; если же не удовлетворяет, то случайный шаг делается из предыдущей точки, т.е. возврат как бы пересчитывается вместе со случайным шагом.

Переход в новую точку возможен лишь при выполнении всех условий (2) и (3).

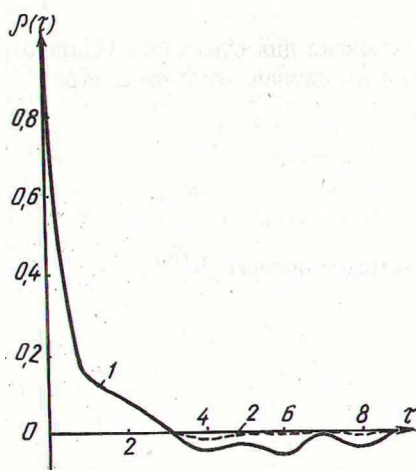


Рис. 1. Корреляционная функция опытного участка дороги с булыжным покрытием:
1 — экспериментальная кривая; 2 — теоретическая кривая, аппроксимации экспериментальной кривой $\rho(\tau) = 0,84e^{-1,3|\tau|} + 0,16e^{-0,02|\tau|} \cos 1,8\tau$.

Если число неудачных шагов перехода в новую точку превысит некоторое наперед заданное число T , то длина шага R_1 уменьшается вдвое.

Рекомендуется число неудачных попыток выбирать порядка 20–30.

Поиск прекращается, когда $h_1 < \xi_1$, где h_1 — шаг, $\xi_1 = (b_1 - a_1)/2^P$ и $P = 8-10$.

В программе используется датчик случайных чисел с нормальным законом распределения, математическим ожиданием 0, и дисперсией — 1.

Ниже в качестве примера приведена аппроксимация корреляционной функции лесовозной дороги с помощью разработанной методики. Данная корреляционная функция аппроксимируется выражением

$$\rho(\tau) = 0,84e^{-1,3|\tau|} + 0,16e^{-0,02|\tau|} \cos 1,8\tau.$$

На рис. 1 показаны экспериментальная и полученная теоретическая кривые, построенные по табл. 1.

Применение приведенной методики значительно упрощает и ускоряет процесс аналитического решения различных задач аппроксимирования корреляционных функций. Это имеет непосредственное значение для решения широкого круга задач исследования динамики движения лесовозных автопоездов.

Программа аппроксимации корреляционной функции.

"ВЫП" "Ф"2; T=0; ОПТ. "ДЛЯ" I=1 "Ш" 1 "ДО" 4 "ВЫП" (X[I] = (A[I]+I)/2; XO[I] = X[I]; EPS[I] = (B[I] - A[I]) / 2 N1; Ш[I] = (B[I] - A[I]) / 4); YO = Ф; "ЫВ" YO; "ВЫВ" "МАСС" XO; H=1; B = √(10); Я = 2/B; Г = √(3); L. "ДЛЯ" I = 1 "Ш" 1 "ДО" 4 "ВЫП" (S=0; R=GxH; Ы = R/P; C = F(Ы); S = S + C; K = R - P x Э(Ы); H = K; "ДЛЯ" J = 2 "Ш" 1 "ДО" 10 "ВЫП" (R = K x H; Ы = R/P; C = F(Ы); S = S + C; K = R - P x Э(Ы)); NORM = (Я x S - Б) x Г; X[I] = XO[I] + Ш[I] x NORM; "ЕСЛИ" X[I] < B[I] "ТО" ("ЕСЛИ" X[I] > A[I] "ТО" (LO=0)) "ИНАЧЕ" ("НА" L)); L1. Y = Ф; "Е" Y < Д "ТО" ("НА" L3); "Е" Y < Y O "ТО" ("ДЛЯ" I=1 "Ш" 1 "ДО" 4 "ВЫП" XO[I] = X[I]; YO = Y; "ВЫВ" Y; "НА" L); "ДЛЯ" I=1 "Ш" 1 "ДО" 4 "ВЫП" ("Е" Ш[I] > EPS[I] "ТО" ("НА" L2)); "НА" L3; L2. T=T+1; "ЕСЛИ" T < T1 "ТО" ("НА" L); "ДЛЯ" I=1 "Ш" 1 "ДО" 4 "ВЫП" Ш[I] = Ш[I]/2; T=0; "НА" L; L3. "ВЫВ" YO; "ВЫВ" "МАСС" XO; "ВЫВ" "МАСС" Ш; "ДЛ" Ю = 1 "Ш" 1 "ДО" 10 "ВЫП" (ДЕ = F (ТАУ x (Ю-1)) - КФ[Ю]; "ВЫВ" "ТАБЛ" 1, Ю, ТАУ x (Ю-1), F (ТАУ x (Ю-1)), КФ[Ю], ДЕ) "ГДЕ" P = 5087; G = 2900; T1 = 20; N1 = 8; Д = 0; Ф = Σ (Ю = 1, 10, (F (ТАУ x (Ю-1)) - КФ[Ю]) ↑ 2); XO[4]; X[4]; Ш[4]; EPS[4]; ТАУ = 1; F (ТАУ) = X[1] x EXP(-X[2] x ТАУ x (Ю-1)) x COS(X[3] x ТАУ x (Ю-1)) + (1 - X[1]) x EXP(-X[4] x ТАУ x (Ю-1)); КФ[10] = 1, 134, .085, -.00357, -.0422, -.0277, -.0968, -.0088, -.056, -.0042; A[4] = 0,0, 0,0,3; B[4] = 0,3,0,4,4,1,5 "КОН" ◇

Таблица 1.

Ю	ТАУ _x (Ю-1)	F (ТАУ _x (Ю-1))	КФ[Ю]	ДЕ
1	0	.100000 _ю 1	1	0
2	1	.133546 _ю 0	.134000 _ю 0	-.454000 _ю -3
3	2	.866370 _ю -1	.850000 _ю -1	.163700 _ю -2
4	3	-.570330 _ю -2	-.357000 _ю -2	-.213330 _ю -2
5	4	-.131722 _ю -1	-.422000 _ю -1	.290278 _ю -1
6	5	-.389000 _ю -4	-.277000 _ю -1	.276611 _ю -1
7	6	.310500 _ю -3	-.968000 _ю -1	.971110 _ю -1
8	7	-.321724 _ю -4	-.880000 _ю -2	.876782 _ю -2
9	8	.184814 _ю -5	-.500000 _ю -1	.500020 _ю -1
10	9	-.865260 _ю -7	.200000 _ю -3	-.200087 _ю -3◇

F (ТАУ_x (Ю - 1)) — теоретическая кривая;

КФ[Ю] — экспериментальная кривая;

ДЕ — разность между значениями теоретической и экспериментальной кривых.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пархилковский И.Г. Сравнительный анализ вероятностных характеристик микропрофиля дорог. — Автомобильная пром-сть, 1969, № 4, с. 28—30. 2. Певзнер Я.М., Тихонов А.А. Исследование статистических свойств микропрофиля основных типов автомобильных дорог. — Автомобильная пром-сть, 1964, № 1, с. 15—18. 3. Жуков А.В. Приближенный метод аппроксимирования экспериментальных кривых сложной формы. — В кн.: Материалы научн.-техн. конф. 1966 г. Л.: ЛТА, 1966, вып. 1, с. 100—105.

УДК 634.037

А.И.АРАБЕЙ, М.К.АСМОЛОВСКИЙ,
О.В.ПЕТРОВИЧ (БТИ)

НАВЕСНЫЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ БЕСЧОКЕРНОЙ ТРЕЛЕВКИ ЛЕСА

В настоящее время лесозаготовительные предприятия оснащаются колесными тракторами, оборудованными устройствами для бесчokerной трелевки леса, использование которых позволяет улучшить условия труда рабочих и значительно повысить производительность труда.

Использование и опыт эксплуатации машин ЛТ-157 и ЛТ-157М показывают, что производительность трелевочных тракторов может быть повышена за счет улучшения ряда показателей. Для этого необходимо увеличить объем формируемой и транспортируемой пачки деревьев, повысить скорость перемещения трелеваемой пачки, сократить время на погрузку и разгрузку, сократить потери леса на трелевке.

Важнейшим условием повышения производительности труда на трелевке леса является совершенствование технологического оборудования.

Ниже рассматриваются четыре варианта усовершенствованного технологического оборудования, в частности пачковых захватов (рис. 1), разработанных сотрудниками и студентами кафедры тяговых машин БТИ им. С.М.Кирова.