

3. Для надежного обеспечения работоспособности на всех этапах функционирования регулятора необходимо в пределах конструктивной целесообразности снижать значения факторов загрязненности жидкости и частоты перемещения золотника.

Л и т е р а т у р а

1. Налимов В.В., Чернова Н.А. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. М., 1965.

УДК 629.11.012.814

Р.И. Фурунжиев, докт.техн.наук,
З.В. Босякова, О.В. Бугай (Белорусский политехнический институт, Институт математики АН БССР)

АППРОКСИМАЦИЯ ОЦЕНОК КОРРЕЛЯЦИОННЫХ ФУНКЦИЙ ДОРОЖНЫХ МИКРОПРОФИЛЕЙ

Задача аппроксимации состоит в определении аналитических выражений оценок статистических характеристик: корреляционной функции, функции спектральной плотности и др. В практически важных случаях обычно для каждого класса дорожных микропрофилей вид аналитических выражений корреляционных функций бывает известен априори и задача значительно упрощается, так как сводится к отысканию неизвестных параметров при выбранной структуре выражения.

Для аппроксимации корреляционных функций дорожных микропрофилей может быть использовано выражение

$$R(\tau, y) = \sum_{k=1}^{N_1} A_k e^{-\alpha_k |\tau|} (\cos \beta_k \tau + B_k \sin \beta_k |\tau|) + \sum_{j=1}^{N_2} c_j e^{-\alpha_j |\tau|} \quad (1)$$

Для определения неизвестных параметров корреляционной функции можно использовать среднеквадратический критерий вида

$$E(y) = \sum_{i=1}^N [\bar{R}(\tau_i) - R(\tau_i, y)]^2, \quad (2)$$

где $y = (A, \alpha, \beta, B, C)$ — искомый вектор параметров: A_1, A_2, \dots, A_{N_1} ; $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_{N_1}$; $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_{N_1}$; B_1, \dots

$$B_2, \dots, B_{N_1}; \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_{N_2}; C_1, C_2, \dots, C_{N_2} \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_{N_2}; R_q(\tau_i) -$$

рассчитанная на ЦВМ оценка корреляционной функции микропрофиля дороги; $R_q(\tau_i, Y)$ -- корреляционная функция, вычисляемая по формуле (1); N -- число рассматриваемых точек корреляционной функции $\bar{R}_q(\tau_i)$ и $R(\tau_i, Y)$.

Задача аппроксимации корреляционной функции дорожного микропрофиля сводится к задаче оптимизации, т.е. к определению оптимального аппроксимирующего вектора Y^* из условия, обеспечивающего минимум невязки (2):

$$E(Y^*) = \min_{Y \in Y} E(Y), \quad (3)$$

где \bar{Y} -- допустимая область изменения вектора Y .

В зависимости от наличия в качестве вычислительного инструмента ЦВМ или гибридных (аналого-цифровых) вычислительных машин для определения оптимальных значений параметров Y^* могут быть использованы соответственно поисковые алгоритмы вида

$$Y[n+1] = Y[n] - \Gamma[n+1] \phi(\omega(Y[n], \dots)), \quad (4)$$

$$n = 0, 1, 2, \dots$$

$$\text{или } \frac{dY(t)}{dt} = \Gamma(t) \phi_t(\omega(Y[t], \dots)),$$

где $\phi(\cdot)$ -- оператор, определяющий выбранный метод поиска; $\omega(\cdot)$ -- реализация принятого критерия, получаемая при расчетах на ЭВМ; Γ -- полная или диагональная матрица (в общем случае квадратная), элементы которой могут зависеть от вектора Y . Теоретические исследования асимптотических свойств поисковых методов при решении стохастических задач [1], а также экспериментальные данные по оптимизации сложных реальных систем транспортных машин [1] свидетельствуют о достаточно высокой эффективности алгоритмов, в основе которых лежит случайный поиск. Для улучшения сходимости вблизи цели предлагается использовать алгоритм со случайным поиском с самообучением.

Исходные корреляционные оценки дорожных микропрофилей (кривые 1 на рис. 1--3) аппроксимировались выражением

$$R_q(\tau) = A_1 e^{-\alpha_1 |\tau|} + (1-A_1) e^{-\alpha_2 |\tau|} \cos \beta \tau, \quad (5)$$

где $\tau = ih$, $i = 0, 1, 2, \dots, m$;

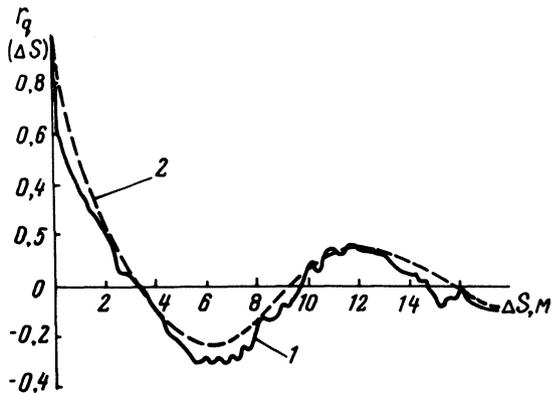


Рис. 1. Исходная корреляционная функция сглаженной дороги №1 (кривая 1) и ее аппроксимация выражением (5) (кривая 2) при $A_1=0,688$; $\alpha_1=0,0687 \text{ м}^{-1}$; $\alpha_2=0,25 \text{ м}^{-1}$; $\beta=0,22 \text{ м}^{-1}$ и невязке $E = -0,17$.

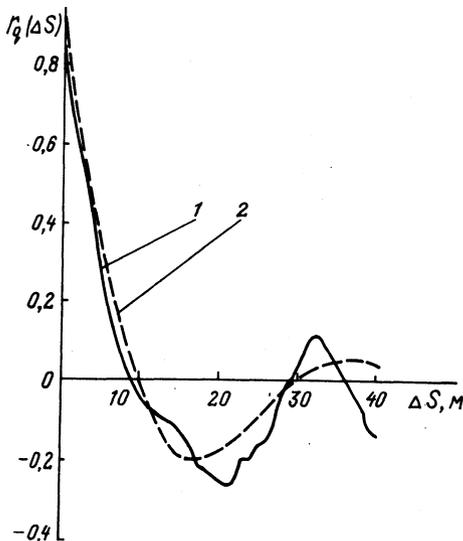


Рис. 2. Исходная корреляционная функция сглаженной дороги № 2 (кривая 1) и ее аппроксимация выражением (5) (кривая 2) при $A_1=0,443$; $\alpha_1=0,749 \text{ м}^{-1}$; $\alpha_2=0,0644 \text{ м}^{-1}$; $\beta=0,156 \text{ м}^{-1}$ и невязке $E = 0,36$.

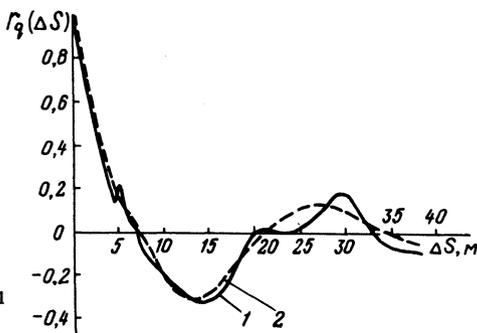


Рис. 3. Исходная корреляционная функция сглаженной дороги № 3 (кривая 1) и ее аппроксимация выражением (5) (кривая 2) при $A_1=0,653$; $\alpha_1=0,992 \text{ м}^{-1}$; $\alpha_2=0,0681 \text{ м}^{-1}$; $\beta=0,1513 \text{ м}^{-1}$ и невязке $E = 0,4168$.

В расчетах было принято:

для дороги № 1 $h = 0,5$ м, $m = 84$;

для дороги № 2 $h = 0,5$ м, $m = 80$;

для дороги № 3 $h = 0,2$ м, $m = 91$.

Аппроксимируемые параметры функции A_1, α_1, α_2 и β .

Аппроксимируемый вектор $Y = (A_1, \alpha_1, \alpha_2, \beta)$

Нижняя граница вектора $Y \inf Y = \{0; 0; 0; 0\}$.

Верхняя граница вектора $Y \sup Y = \{1,0; 1,0; 1,0; 5\}$.

В качестве начального приближения вектора Y принят вектор $Y[0] = \{0,85; 0,20; 0,05; 0,6\}$.

Для минимизации невязки E , заданной выражением (2), был применен случайный поиск с самообучением, алгоритм которого описан в работе [1].

Результаты аппроксимации корреляционных оценок дорог выражением (5) показаны на рис. 1—3. На этих же рисунках приведены значения параметров аппроксимации функции и значение невязки.

При аппроксимирующей корреляционной функции воздействия вида (5) спектральная плотность его определяется по выражению

$$S_q(\omega) = \frac{D_q}{\pi} \left\{ \frac{A_1 \alpha_1 v}{(\omega^2 + \frac{1}{2} v^2)} + \frac{(1-A_1) \alpha_2 v [\omega^2 + (\alpha_2^2 + \beta^2) v^2]}{(\omega^2 + \frac{1}{2} v^2 - \beta^2 v^2)^2 + 4 \frac{1}{2} \alpha_2^2 v^4} \right\}$$

где D_q -- дисперсия дороги; v -- скорость движения машины.

Резюме. Из работы следует, что с использованием поисковых методов оптимизации существенно ускоряется подбор коэффициентов аппроксимирующих выражений.

Л и т е р а т у р а

1. Фурунжиев Р.И. Проектирование оптимальных виброзащитных систем. Минск, 1971.