

типа. — "Труды Всесоюз. науч.-техн. совещания по подвескам автомобилей". ОНТИ, НАМИ. М., 1959. 2. Ломако Д. М., Рудня М.Я., Петрович А.И. Оценка распределения высот неровностей дорог и выходных параметров колебаний автомобиля. Расчеты, конструирование и технологическая доводка грузовых автомобилей. М., 1970. 3. Рудня М.Я., Ломако Д.М. Колебания автомобилей большой грузоподъемности с гидропневматической частично связанной подвеской при случайных внешних возмущениях. — "Автомобильная промышленность", 1973, № 9.

УДК 681.32.001

Р.И. Фурунжиев, докт. техн. наук,
В.В. Босякова, О.В. Бугай

К ВОПРОСУ ВЫДЕЛЕНИЯ МИКРОНЕРОВНОСТЕЙ ИЗ РЕАЛИЗАЦИЙ, СОДЕРЖАЩИХ МИКРО- И МАКРОСОСТАВЛЯЮЩИЕ

При исследовании динамики транспортных машин на ЦВМ желательно учитывать реальные дорожные условия. Для этого случайный дорожный микропрофиль задается либо в виде таблицы, либо в виде реализаций, формируемых по специальным программам. В первом случае в качестве источника возмущений используются, как правило, экспериментально полученные реализации дорожного микропрофиля. Во втором случае воспроизведение реальных возмущений достигается за счет построения их математических моделей по оценкам статистических характеристик (корреляционным функциям и спектральным плотностям), полученным обработкой на ЭВМ экспериментальных данных по замерам микропрофилей.

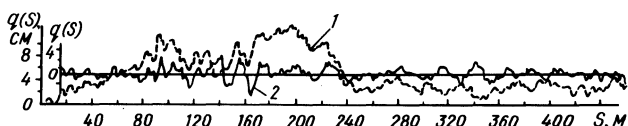


Рис. 1. Продольный профиль дороги № 1 до сглаживания (1) и после сглаживания с центрированием (2); параметр сглаживания $S_c = 30$ м.

Однако на практике многие экспериментально полученные реализации дорожного микропрофиля не могут быть использованы непосредственно для составления таблиц или получения статистических оценок, так как являются нестационарными случайными процессами, как это видно из рис. 1–3 (пунктирные ли-

нии). Можно выделить нестационарность по математическому ожиданию, корреляционной функции (нестационарность в широком смысле) и закону распределения (нестационарность в узком смысле). Для вычисления оценок статистических характеристик и последующей их аппроксимации требуется предварительное сглаживание реализаций микропрофилей для процессов нестационарных по математическому ожиданию (имеющих спуски и подъемы) или нормировка для процессов нестационарных по дисперсии.

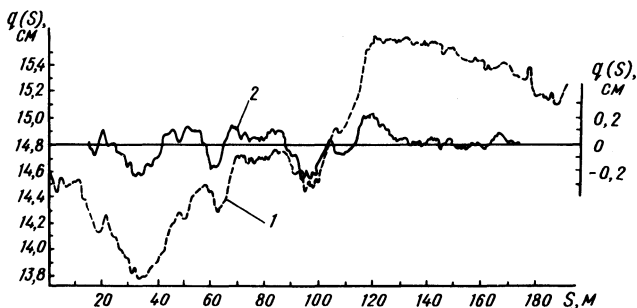


Рис. 2. Продольный профиль дороги № 2 до сглаживания (1) и после сглаживания с центрированием (2); параметр сглаживания $S_c = 30$ м.

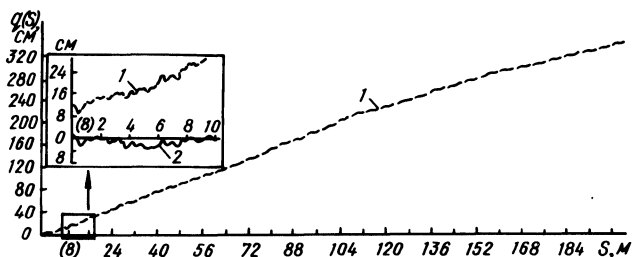


Рис. 3. Продольный профиль дороги № 3 до сглаживания (1) и после сглаживания с центрированием (2); параметр сглаживания $S_c = 15$ м.

В результате применения операций сглаживания исходная реализация дорожного микропрофиля представляется в виде

$$q_o^*(S) = q(S) - m_q^*(S), \quad (1)$$

где $q_o^*(S)$ – сглаженная реализация, используемая для вычисления оценок статистических характеристик; $m_q^*(S)$ – оценка текущего значения математического ожидания; $q(S)$ – исходная реализация дорожного микропрофиля.

Функция $m_q^*(S)$, выделенная в результате сглаживания, может использоваться затем вместе с синтезированной на ЭВМ реализацией стационарного дорожного микропрофиля для получения нестационарных дорожных воздействий с микро- и макросоставляющими профилями

$$q(S) = q_0^*(S) + m_q^*(S),$$

где $q_0^*(S)$ - полученная в результате моделирования на ЭВМ реализация стационарного дорожного микропрофиля с $m_q = 0$.

Для дорожных микропрофилей, нестационарных по дисперсии, применение операции нормирования по алгоритму:

$$q_r(S) = q(S) / \sigma_q^*(S),$$

где $q_r^*(S)$ - нормированная реализация случайного дорожного микропрофиля; $\sigma_q^*(S)$ - оценка текущего среднеквадратического отклонения, q_r позволяет применить к процессу $q_r(S)$ известные для стационарных случайных процессов алгоритмы вычисления оценок [1].

Для случайных процессов, нестационарных по математическому ожиданию и дисперсии, вначале производится сглаживание, а затем нормировка [2].

Выделенная после нормировки функция $\sigma_q^*(S)$ может быть при необходимости использована для получения нестационарных реализаций

$$q(S) = m_q(S) + \sigma_q^*(S) q_r(S),$$

где $q_0(S)$ - смоделированная реализация при $m_q = 0$ и $\sigma_r = 1$.

Сглаженная реализация дорожного микропрофиля получается по формуле (1), в которой оценка текущего значения математического ожидания вычисляется по формуле

$$m_q^*(S) = \frac{1}{S_c} \int_{S-S_c/2}^{S+S_c/2} q(\xi) d\xi, \quad (2)$$

где S_c - параметр сглаживания.

При сглаживании по формулам (1) и (2) подавляются низкочастотные составляющие вплоть до частоты среза

$$\omega_c = \frac{\pi}{2}; \quad \tau = \frac{S_c}{2v},$$

где v - скорость движения автомобиля.

В дискретном варианте формулы (1) и (2) примут вид

$$q_{0j} = q_j - m_j ; \quad (3) \quad m_j = \frac{1}{M} \sum_{i=j-k}^{j+k} q_i ;$$

$$j = (k+1) - (N - k); \quad k = \frac{M-1}{2},$$

где M – интервал усреднения; N – число точек сглаженного процесса.

На рис. 1 – 3 приведены результаты сглаживания (сплошные линии) экспериментально замеренных реализаций (штриховые линии) дорог: № 1 – асфальтированной, замеренной шагом 0,5 м на участке длиной 473 м; № 2 – карьерной, замеренной шагом 0,5 м на участке длиной 190 м; № 3 – бульжной, замеренной шагом 0,2 м на участке длиной 202 м.

Причем последняя была сглажена дважды: вначале по выражению

$$q(S) = \begin{cases} q'(S) - k_1 S, & \text{если } 0 \leq S \leq a, \\ q'(S) - [k_1 a + k_2 (S - a)], & \text{если } S > 0, \end{cases}$$

где $k_1 = 1,875$; $k_2 = 1,219$; $a = 144,0$, а затем по выражению (1).

Нетрудно заметить, что сглаженная реализация короче исходной на интервал сглаживания S_c : вначале на $S_c/2$ и на $S_c/2$ в конце участка. Оптимальное значение интервала сглаживания S_c выбирается на основании корреляционно-спектрального анализа полученной реализации для различных S_c .

Предложенная в работе методика сглаживания является одним из способов исключения нестационарности из исходной реализации.

Л и т е р а т у р а

1. Фурунжиев Р.И. Проектирование оптимальных виброзащитных систем. Минск, 1971. 2. Фурунжиев Р.И., Останин А.Н. К оценке некоторых характеристик нестационарных случайных процессов на АВМ. – В сб.: Теория и применение математических машин. Минск, 1972.