

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ МАСИ  
ОБ'ЄКТІВ У РУСІ

Бараннік Юрій Олегович

Шендрік Євген Валентинович, к.т.н., доцент

Проведені огляд та аналіз методів і засобів виміру маси об'єктів у русі показали, що при підвищеній швидкості руху об'єкта, спостереженню підлягає усічена гармонічна компонента сигналу, наслідком чого є неприйнятність використання класичних методів визначення маси об'єкта, що рухається, основою котрих є усереднення значень вхідного сигналу. Пропонується як розв'язання поставленої задачі використовувати методи оцінки шуканих параметрів сигналу.

Досліджено характеристики динамічних явищ, виникаючих у процесі зважування, на підставі чого одержана нова об'єктно-орієнтована модель сигналу отриманого з датчиків автоматизованої вагової платформи при проведенні вагових вимірювань.

Доведено, що приведена об'єктно-орієнтована модель сигналу адекватна узагальненої моделі процесу зважування і представлена сукупністю трьох складових

$$f(t)=D+A\sin(\Omega t+\psi)+\xi(t), \quad (1)$$

де  $f(t)$  — досліджуваний тензометричний сигнал;

$D$  — постійна складова сигналу (інформативний параметр, відповідний масі об'єкта, що зважується);

$A\sin(\Omega t+\psi)$  — низькочастотна періодична складова сигналу;

$\xi(t)$  — випадкова величина, що виникає під час зважування.

При цьому періодична завада представлена амплітудою —  $A$ , частотою —  $\Omega$  і початковою фазою —  $\psi$ .

На підставі зазначених умов виміру потрібно побудувати інформаційну модель, що відбиває не тільки характер поведіння сигналу, але й оцінку внеску кожної із складових сигналу в результуючий вихідний сигнал.

Відповідно до цього задача зведена до пошуку найбільш ефективного методу побудови інформаційної моделі процесу зважування, спрямованого на визначення оцінок інформативних параметрів приведеної об'єктно-орієнтованої моделі (1), зокрема, маси об'єкта —  $D$ , при заданих обмеженнях.

Показано, що *метод заданого діапазону частот* має високу точність оцінок досліджуваної моделі (1).

В основі цього методу лежить метод апроксимації узагальненим поліномом методом найменших квадратів. Однак метод заданого діапазону частот відрізняється від вказаного тим, що має визначену систему базисних функцій, що відповідає моделі (1). Крім цього для відшукування інформативного параметру сигналу використовується послідовний перебір частот із заданого діапазону. Метод базується на критерії найменших квадратів, тому найкращим вважається той результат, середньоквадратична похибка котрого прийме найменше значення.

Апроксимація узагальненим поліномом методом найменших квадратів, яка лежить в основі методу заданого діапазону частот, полягає у відшуванні серед поліномів  $m$ -го ступеня,  $m \leq n$

$$P_m(t) = a_0 \varphi_0(t) + a_1 \varphi_1(t) + \dots + a_m \varphi_m(t) \quad (2)$$

такого, для якого справедливий вираз

$$S = \sum_{i=0}^n (P_m(t_i) - f_i)^2 \rightarrow \min \quad (3)$$

де  $a_0, a_1, \dots, a_m$  — коефіцієнти узагальненого апроксимуючого полінома;

$\varphi_0(t), \varphi_1(t), \dots, \varphi_m(t)$  — задана система базисних функцій;

$S$  — середньоквадратична похибка відхилення апроксимуючого полінома (2) від заданої функції  $f(t)$ .

Шукані коефіцієнти  $a_0, a_1, \dots, a_m$  полінома (2) визначаються із системи лінійних алгебраїчних рівнянь, вирішивши яку і підставивши знайдені значення  $a_0, a_1, \dots, a_m$  в (2), при відповідних базисних функціях, одержимо шуканий узагальнений апроксимуючий поліном.

У методі заданого діапазону частот проведення апроксимації здійснюється декілька разів, постійно змінюючи величину частоти заданих базисних функцій в межах заданого діапазону частот.

Застосувавши к моделі (1) тригонометричні формули  $A\sin(\Omega t + \psi) = A\sin\psi\cos\Omega t + A\cos\psi\sin\Omega t$ , де  $A_1 = A\sin\psi = const$ ;  $A_2 = A\cos\psi = const$ , визначаємо систему базисних функцій  $\varphi_0(t), \varphi_1(t), \dots, \varphi_m(t)$ , обмеживши при цьому ступінь апроксимуючого полінома  $m=2$ . При цьому зауважимо, що модель  $D + A_1 \cos(\Omega t) + A_2 \sin(\Omega t)$  повністю адекватна моделі (1), різницею є тільки інший запис моделі (1), більш сприятливий для її дослідження запропонованим методом. Таким чином система базисних функцій приймає вид

$$\begin{cases} \varphi_0(t) = 1; \\ \varphi_1(t) = \cos(\Omega t); \\ \varphi_2(t) = \sin(\Omega t). \end{cases} \quad (4)$$

Згідно (4), постійній складовій  $D$  відповідає функція  $\varphi_0(t)$ , а періодична складова представлена сукупністю функцій  $\varphi_1(t), \varphi_2(t)$ .

Подальші обчислення зводяться до визначення коефіцієнтів  $a_0, a_1, a_2$  таких, для яких величина (3) мінімальна. Алгоритм цих обчислень являє собою ітераційний процес і зводиться до побудови деякої множини  $Z = \frac{\Omega_{\max} - \Omega_{\min}}{\Delta\Omega}$  апроксимуючих кривих у заданому частотному діапазоні  $[\Omega_{\min}, \dots, \Omega_{\max}]$ , із кроком  $\Delta\Omega$ .

На основі отриманих коефіцієнтів  $a_0, a_1, \dots, a_m$  визначаються значення постійної складової сигналу і складових періодичної завади, припускаючи, що найкраща апроксимація ( $S \approx 0$ ) була досягнута на  $j$ -й ітерації

Показано, що метод заданого діапазону частот є найкращим методом побудови інформаційної моделі оцінки маси об'єкта при обмеженому часі зважування, який дозволяє оцінити параметри об'єктно-орієнтованої моделі сигналу (1) при наявності збійних ситуацій у будь-яких умовах виміру.