

М. А. ПОДРІГАЛО, д-р. техн. наук, ХНАДУ (м. Харків);
А.І. КОРОБКО, аспірант, ХНАДУ (м. Харків)

ВПЛИВ КУТА УСТАНОВКИ ДАТЧИКІВ ПРИСКОРЕНЬ НА ТОЧНІСТЬ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РУХУ АВТОМОБІЛЯ

Предложены аналитические зависимости для определения погрешности измерения параметров движения автомобиля при динамических испытаниях с использованием датчиков ускорений.

Analytical dependences for finding the definition errors of automobile movement parameters at dynamic tests with acceleration sensors are offered.

Вступ. Для забезпечення необхідного рівня безпеки при використанні автомобіля необхідно розширювати контроль різних механізмів, що приймають участь у його роботі, переходити на якісно більш високий рівень випробувань і впроваджувати нові пристрої з широкими функціональними можливостями.

В даній статті отримано аналітичні вирази, що дозволяють оцінити погрішність вимірювання параметрів руху автомобіля при динамічних (кваліметричних) випробуваннях при кутовому зміщенні датчиків прискорень (акселерометрів).

Аналіз останніх досягнень і публікацій. В [1] наведено можливості застосування акселерометрів при динамічних (кваліметричних) випробуваннях автомобілів. В [2, 3] описано метод вимірювання параметрів руху автомобіля, а саме кутових швидкості і прискорень, миттєвого радіусу повороту, координати центру пружності і лінійної швидкості, з застосуванням двох датчиків прискорень (1-5):

$$\varepsilon = \frac{Y_{AB}(a_{Ax_1} - a_{Bx_1}) + X_{AB}(a_{Ay_1} - a_{By_1})}{Y_{AB}^2 + X_{AB}^2}, \quad (1)$$

$$\omega = \sqrt{\frac{Y_{AB}(a_{Ay_1} - a_{By_1}) - X_{AB}(a_{Ax_1} - a_{Bx_1})}{Y_{AB}^2 + X_{AB}^2}}, \quad (2)$$

$$R_D = \frac{\varepsilon \bar{a}_{x_1} + \omega^2 \bar{a}_{y_1}}{\varepsilon^2 + \omega^4} - 0,5(Y_A - Y_B), \quad (3)$$

$$X_A = \frac{\varepsilon \bar{a}_{y_1} - \omega^2 \bar{a}_{x_1}}{\varepsilon^2 + \omega^4} + 0,5 X_{AB}. \quad (4)$$

де $a_{Ax_1}, a_{Ay_1}, a_{Bx_1}, a_{By_1}$ – виміряні значення лінійних прискорень вздовж осей O_1x_1 і O_1y_1 акселерометрами встановленими в точках A і B відповідно (рис. 1);

Y_{AB}, X_{AB}, Y_A, Y_B – координати встановлення акселерометрів (рис. 1).

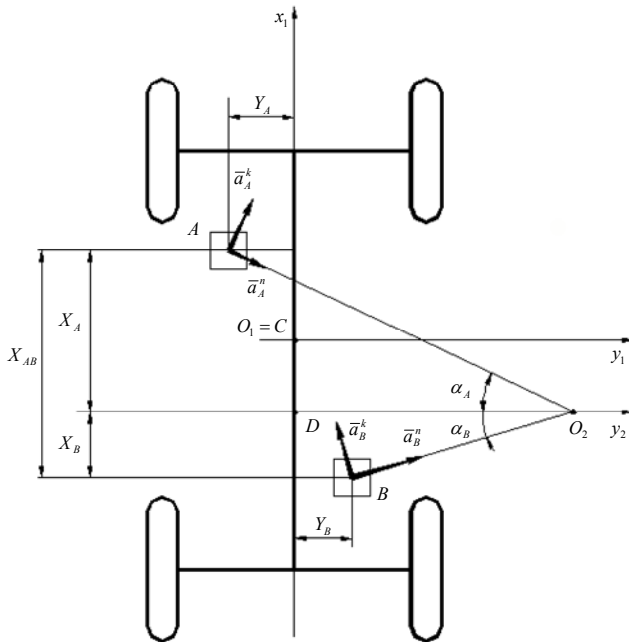


Рисунок 1 – Схема вимірювання лінійних прискорень автомобіля при довільній установці двох акселерометрів

Перевагою такого методу є те, що можливо вимірювати лінійну швидкість руху автомобіля без застосування інтегрування. Також в [2] наведено вирази для визначення погрешності непрямих вимірювань указаних параметрів. Але в указаних роботах не враховується і не досліджено вплив на точність вимірювання кутів зміщення датчиків прискорень в горизонтальні і вертикальні площині.

Мета і постановка задач дослідження. Метою даного дослідження є визначення впливу кутового зміщення датчиків прискорень на точність вимірювання параметрів руху автомобіля.

Для досягнення даної мети необхідно вирішити наступні задачі:

- визначити погрішність вимірювання параметрів руху автомобіля при кутовому зміщенні датчиків прискорень;
- визначити сумарну погрішність вимірювання параметрів руху автомобіля.

Визначення погрішності вимірювання параметрів руху автомобіля при кутовому зміщенні датчиків прискорень. Абсолютні погрішності вимірювання кутового прискорення, кутової швидкості, миттєвого радіусу повороту і координати центру пружності автомобіля при зміщенні акселерометрів визначаються як різниця між дійсним значенням указаних параметрів і вимірними

$$\Delta \varepsilon_{\text{кут}} = \varepsilon_{\text{д}} - \varepsilon, \quad (5)$$

$$\Delta \omega_{\text{кут}} = \omega_{\text{д}} - \omega, \quad (6)$$

$$\Delta R_{D_{\text{кут}}} = R_{D_{\text{д}}} - R_D, \quad (7)$$

$$\Delta X_{A_{\text{кут}}} = R_{D_{\text{д}}} - R_D, \quad (8)$$

де $\varepsilon_{\text{д}}$, $\omega_{\text{д}}$, $R_{D_{\text{д}}}$, $X_{A_{\text{д}}}$ – дійсні значення кутового прискорення, кутової швидкості, миттєвого радіусу повороту і координати центру пружності автомобіля відповідно;

ε , ω , R_D , X_A – вимірні значення параметрів руху автомобіля, визначаються залежностями (1)-(4) відповідно.

Для того, щоб знайти дійсні значення параметрів руху автомобіля, необхідно вимірні значення параметрів скоректувати з урахуванням кутів відхилення датчиків прискорень від прямолінійного і горизонтального положення:

$$\varepsilon_{\text{д}} = \frac{Y_{AB} (a_{Ax_1} \sec \alpha_A \sec \beta_A - a_{Bx_1} \sec \alpha_B \sec \beta_B)}{Y_{AB}^2 + X_{AB}^2} + \frac{X_{AB} (a_{Ay_1} \sec \alpha_A \sec \gamma_A - a_{By_1} \sec \alpha_B \sec \gamma_B)}{Y_{AB}^2 + X_{AB}^2}, \quad (9)$$

$$\omega_{\text{д}} = \sqrt{\frac{Y_{AB} (a_{Ay_1} \sec \alpha_A \sec \gamma_A - a_{By_1} \sec \alpha_B \sec \gamma_B)}{Y_{AB}^2 + X_{AB}^2} - \frac{X_{AB} (a_{Ax_1} \sec \alpha_A \sec \beta_A - a_{Bx_1} \sec \alpha_B \sec \beta_B)}{Y_{AB}^2 + X_{AB}^2}}, \quad (10)$$

$$R_D = \frac{0,5\varepsilon(a_{Ax_1} \sec \alpha_A \sec \beta_A + a_{Bx_1} \sec \alpha_B \sec \beta_B)}{\varepsilon^2 + \omega^4} + \frac{0,5\omega^2(a_{Ay_1} \sec \alpha_A \sec \gamma_A + a_{By_1} \sec \alpha_B \sec \gamma_B)}{\varepsilon^2 + \omega^4} - 0,5(Y_A - Y_B) \quad (11)$$

$$X_A = \frac{0,5\varepsilon(a_{Ay_1} \sec \alpha_A \sec \gamma_A + a_{By_1} \sec \alpha_B \sec \gamma_B)}{\varepsilon^2 + \omega^4} - \frac{0,5\omega^2(a_{Ax_1} \sec \alpha_A \sec \beta_A + a_{Bx_1} \sec \alpha_B \sec \beta_B)}{\varepsilon^2 + \omega^4} + 0,5X_{AB} \quad (12)$$

де $\alpha_A, \alpha_B, \beta_A, \beta_B, \gamma_A, \gamma_B$ – кути відхилення датчиків прискорень від прямолінійного і горизонтального положення (рис. 2).

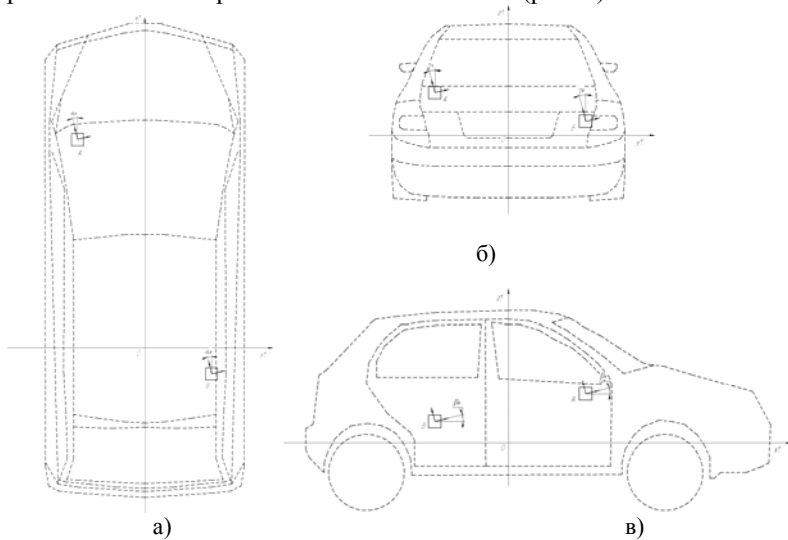


Рисунок 2 – Установка датчиків прискорень

Відносна погрішність визначення параметрів руху автомобіля при кутовому відхиленні датчиків прискорень

$$\frac{\Delta\varepsilon_{кут}}{\varepsilon} = \frac{\varepsilon_\delta}{\varepsilon} - 1, \quad (13)$$

$$\frac{\Delta\omega_{кут}}{\omega} = \frac{\omega_\delta}{\omega} - 1, \quad (14)$$

$$\frac{\Delta R_{Dкут}}{R_D} = \frac{R_{D\delta}}{R_D} - 1, \quad (15)$$

$$\frac{\Delta X_{A_{\text{күм}}}}{X_A} = \frac{X_{A\partial}}{X_A} - 1. \quad (16)$$

Підставивши у вирази (13)-(16) відповідно дійсні і виміряні значення параметрів руху отримаємо відносні погрішність визначення параметрів руху автомобіля при кутовому зміщенні датчиків прискорень:

$$\frac{\varepsilon_{\partial}}{\varepsilon} = \frac{Y_{AB}(a_{Ax_1} \sec \alpha_A \sec \beta_A - a_{Bx_1} \sec \alpha_B \sec \beta_B)}{Y_{AB}(a_{Ax_1} - a_{Bx_1}) + X_{AB}(a_{Ay_1} - a_{By_1})} + \frac{X_{AB}(a_{Ay_1} \sec \alpha_A \sec \gamma_A - a_{By_1} \sec \alpha_B \sec \gamma_B)}{Y_{AB}(a_{Ax_1} - a_{Bx_1}) + X_{AB}(a_{Ay_1} - a_{By_1})} - 1, \quad (17)$$

$$\frac{\omega_{\partial}}{\omega} = \sqrt{\frac{Y_{AB}(a_{Ay_1} \sec \alpha_A \sec \gamma_A - a_{By_1} \sec \alpha_B \sec \gamma_B)}{Y_{AB}(a_{Ay_1} - a_{By_1}) - X_{AB}(a_{Ax_1} - a_{Bx_1})} - \frac{X_{AB}(a_{Ax_1} \sec \alpha_A \sec \beta_A - a_{Bx_1} \sec \alpha_B \sec \beta_B)}{Y_{AB}(a_{Ay_1} - a_{By_1}) - X_{AB}(a_{Ax_1} - a_{Bx_1})}} - 1, \quad (18)$$

$$\frac{R_{D\partial}}{R_D} = \frac{0,5\varepsilon(a_{Ax_1} \sec \alpha_A \sec \beta_A + a_{Bx_1} \sec \alpha_B \sec \beta_B)}{\varepsilon \bar{a}_{x_1} + \omega^2 \bar{a}_{y_1} - 0,5(\varepsilon^2 + \omega^4)(Y_A - Y_B)} + \frac{0,5\omega^2(a_{Ay_1} \sec \alpha_A \sec \gamma_A + a_{By_1} \sec \alpha_B \sec \gamma_B)}{\varepsilon \bar{a}_{x_1} + \omega^2 \bar{a}_{y_1} - 0,5(\varepsilon^2 + \omega^4)(Y_A - Y_B)} - \frac{-0,5(\varepsilon^2 + \omega^4)(Y_A - Y_B)}{\varepsilon \bar{a}_{x_1} + \omega^2 \bar{a}_{y_1} - 0,5(\varepsilon^2 + \omega^4)(Y_A - Y_B)} - 1, \quad (19)$$

$$\frac{X_{A\partial}}{X_A} = \frac{0,5\varepsilon(a_{Ay_1} \sec \alpha_A \sec \gamma_A + a_{By_1} \sec \alpha_B \sec \gamma_B)}{\varepsilon \bar{a}_{x_1} + \omega^2 \bar{a}_{y_1} + 0,5X_{AB}(\varepsilon^2 + \omega^4)} - \frac{0,5\omega^2(a_{Ax_1} \sec \alpha_A \sec \beta_A + a_{Bx_1} \sec \alpha_B \sec \beta_B)}{\varepsilon \bar{a}_{x_1} + \omega^2 \bar{a}_{y_1} + 0,5X_{AB}(\varepsilon^2 + \omega^4)} + \frac{0,5X_{AB}(\varepsilon^2 + \omega^4)}{\varepsilon \bar{a}_{x_1} + \omega^2 \bar{a}_{y_1} + 0,5X_{AB}(\varepsilon^2 + \omega^4)} - 1, \quad (20)$$

Визначення сумарної погрішності вимірювання параметрів руху автомобіля. Сумарна погрішність вимірювання параметрів руху автомобіля визначається як алгебраїчна сума погрішностей, що виникають при кутовому зміщенні датчиків прискорень і погрішності непрямих вимірювань:

$$\left(\frac{\Delta \varepsilon}{\varepsilon} \right)_{\Sigma} = \frac{\varepsilon_{\text{кут}}}{\varepsilon} + \frac{\varepsilon_{\varepsilon}}{\varepsilon}, \quad (21)$$

$$\left(\frac{\Delta \omega}{\omega} \right)_{\Sigma} = \frac{\omega_{\text{кут}}}{\omega} + \frac{\varepsilon_{\omega}}{\omega}, \quad (22)$$

$$\left(\frac{\Delta R_D}{R_D} \right)_{\Sigma} = \frac{R_{\text{кут}}}{R_D} + \frac{\varepsilon_{R_D}}{R_D}, \quad (23)$$

$$\left(\frac{\Delta X_A}{X_A} \right)_{\Sigma} = \frac{X_{\text{Акут}}}{X_A} + \frac{\varepsilon_{X_A}}{X_A}, \quad (24)$$

де $\frac{\varepsilon_{\varepsilon}}{\varepsilon}$, $\frac{\varepsilon_{\omega}}{\omega}$, $\frac{\varepsilon_{R_D}}{R_D}$, $\frac{\varepsilon_{X_A}}{X_A}$ – погрішності непрямих вимірювань кутового

прискорення, кутової швидкості, миттєвого радіусу повороту і координати центру пружності автомобіля відповідно [2].

Висновки. Отримані залежності дозволяють визначати погрішність вимірювання параметрів руху автомобіля в ході динамічних випробувань, що виникає при відхиленні датчиків прискорень від прямолінійного і горизонтального положення.

Список літератури. 1. Коробко А. І. Застосування акселерометрів при динамічних випробуваннях автомобілів / А. І. Коробко // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – 2009. – Вип. 9 Т. 5. – С. 193-197. 2. Коробко А. І. Метрологічне забезпечення динамічних випробувань тягово-транспортних машин / М. А. Подрігало, А. І. Коробко, Д. М. Клець, В. І. Гацько // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Тракторна енергетика в рослинництві. – 2009. – Вип. 89. – С. 87-99. 3. Коробко А. Підвищення точності вимірювання параметрів руху автомобіля у процесі динамічних випробувань / М. Подрігало, А. Коробко, Д. Клець, О. Назарько, В. Гацько // Метрологія та прилади. – 2010. – № 3. – С. 49-52.

Поступила в редколегію 30.09.2010