УДК 629.017

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СПОСТЕРЕЖНОСТІ ПАРАМЕТРІВ РУХУ МОБІЛЬНИХ МАШИН ПРИ ДИНАМІЧНИХ ВИПРОБУВАННЯХ

Артьомов М.П., д.т.н., професор

(Харківський національний технічний університет сільського господарства ім.П.Василенко)

У статті обґрунтовано визначення точок раціональної установки трикомпонентних датчиків лінійних прискорень і коректна орієнтація їх вимірювальних осей у просторі для забезпечення спостережності при динамічних випробуваннях мобільних машин

Вступ. В останні роки при проведенні динамічних випробувань мобільних машин отримали розповсюдження вимірювально-реєстраційні комплекси на основі датчиків лінійних прискорень і комп'ютерів. У результаті раніше проведених теоретичних досліджень визначено взаємозв'язок між числом ступенів рухливості досліджуваних об'єктів і числом вимірювальних осей. Для отримання достовірної (повної) інформації про динамічний об'єкт необхідно щоб кожному ступеню свободи зазначеного об'єкту відповідала певна вимірювальна вісь. У цьому випадку забезпечується повна спостережність рухомої машини. Вирішенню зазначеної задачі і присвячені ці дослідження.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Точність і достовірність результатів динамічних випробувань мобільних машин, отриманих з використанням інерційних датчиків (датчиків прискорень), залежать від коректності вибору місць їх встановлення і напрямків вимірювальних осей.

Вимірювально-реєстраційний комплекс на основі датчиків лінійних прискорень і бортового комп'ютера, розроблений групою авторів [1], для проведення динамічних випробувань мобільних машин. Необхідна кількість вимірювальних осей для проведення зазначених випробувань визначено залежно від числа ступенів рухливості мобільної машини [2], а вплив точності їх позиціонування на похибку вимірювання в роботі [3].

Кожному напрямку незалежного переміщення об'єкту повинна відповідати одна вимірювальна вісь датчика прискорень. Якщо цього не відбувається, то при виконанні умови необхідної загальної кількості вимірювальних осей, частина незалежних переміщень об'єкту не буде спостерігатися, а частина – буде дублюватися [2]. Це питання вимагає додаткового дослідження.

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є підвищення точності та достовірності результатів динамічних випробувань за рахунок

забезпечення спостережності мобільних машин, як динамічних систем, шляхом коректного визначення точок установки і орієнтації вимірювальних осей датчиків прискорень.

Для досягнення зазначеної мети необхідно вирішити такі завдання:

- побудувати можливі фізичні моделі мобільних машин;
- визначити раціональні точки установки датчиків лінійних прискорень і напрямки орієнтації їх вимірювальних осей.

Фізичні моделі мобільних машин. Найбільш простою, часто використовуваною при моделюванні, є одномасова модель мобільної машини (рис.1).

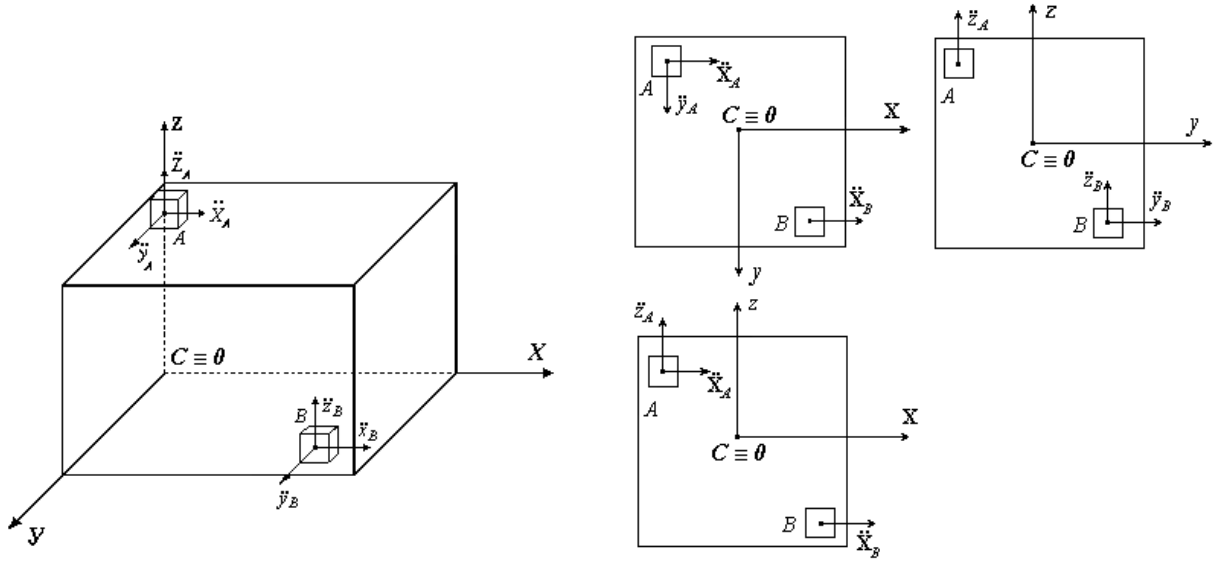

Рисунок 1 – Одномасова фізична модель мобільного машини

Тверде тіло, при тривимірному просторовому русі має 6 ступенів свободи. За відсутності будь-яких зв'язків число ступенів свободи W дорівнює числу ступенів рухливості H. Необхідна кількість N вимірювальних осей датчиків лінійних прискорень в цьому випадку визначається за формулою [2]

$$N = H = W \tag{1}$$

При цьому коли розглядається рух об'єкта в кожній з площин тривимірного простору, необхідно запобігти дублювання вимірювальних осей на кожному з напрямків незалежного руху. Найбільшого поширення набули трикомпонентні датчики лінійних прискорень [1, 2, 3], K_D - число яких визначається як [2]

$$K_D = \frac{H}{n} \tag{2}$$

При плоскопаралельному русі (русі в одній площині) тіло має три ступені свободи. На рис.1 показано, що в цьому випадку, на кожній з площин необхідно використовувати по три вимірювальні осі. При цьому, для підвищення точності вимірювань точки A і B повинні бути розташовані на максимальній відстані

одна від одної. У розглянутому випадку, в кожній з площин точки *A* і *B* повинні лежати на діагоналі прямокутника, а в просторі на головній діагоналі паралелепіпеда (рис.1). відповідні вимірювальні осі повинні бути паралельні одна одній і паралельні відповідним осям в рухомій системі координат *ZOXY*.

Розглянемо трьохмасову просторову модель мобільної машини (рис.2). Маса m_1 - це підресорена маса, m_2 , m_3 - не підресорені маси переднього і заднього мостів. Маси m_2 , m_3 пов'язані з масою m_1 пружними ланками (ресорами). Пружні зв'язки, на відміну від жорстких допускають обмежені відносні переміщення. Тому можна вважати, що кожна з трьох мас, m_1 , m_2 , m_3 мають по шість ступенів свободи. Колеса непідресорених мас мають додатково ще по одному ступеню свободи – свободу обертання навколо своєї осі. Для вимірювання кутового прискорення на передній і задній осях встановлюються датчики кутових прискорень $\dot{\omega}_{\varphi 2}$, $\dot{\omega}_{\varphi 3}$, якщо взяти припущення те, що колеса лівого і правого бортів мають свободу відносного обертання, то на маси m_2 , m_3 необхідно встановлювати по два датчики кутового прискорення $\dot{\omega}'_{\varphi 2}$; $\dot{\omega}''_{\varphi 2}$ і $\dot{\omega}'_{\varphi 3}$; $\dot{\omega}''_{\varphi 3}$. На непідресорені маси m_1 , m_2 в точках A_2 ; B_2 ; A_3 ; B_3 встановлюються також трикомпонентні датчики лінійних прискорень.

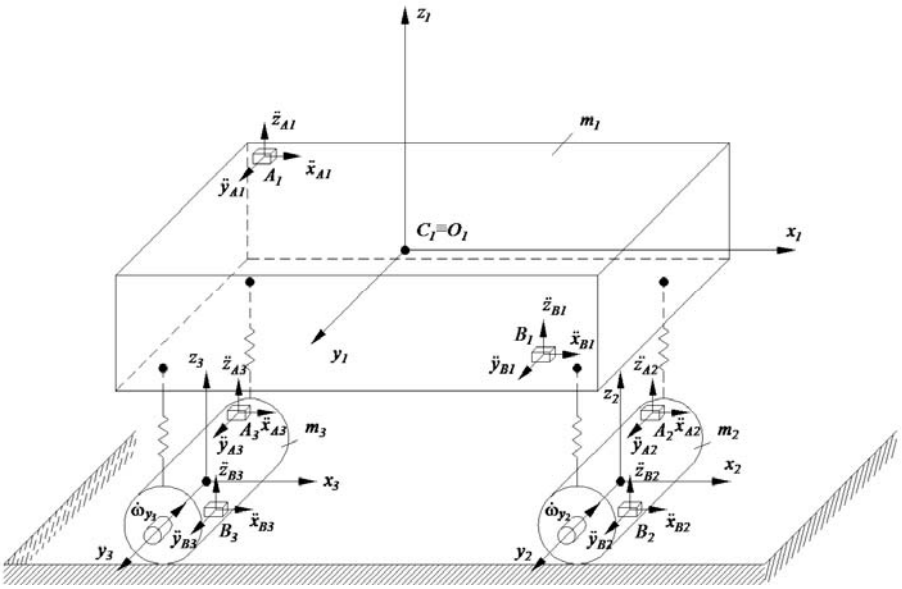

Рисунок 2 – Тримасова просторова модель мобільної машини

При цьому, як і на масі m_1 точки A_2 ; B_2 ; A_3 ; B_3 обираються на максимальній відстані одна від одної. Орієнтація відповідних осей датчиків і осей координат мас m_2 , m_3 повинні бути паралельні відповідним осям рухомої системи координат, пов'язаної з масою m_1 .

При наявності великої кількості кінематичних пар у просторових механізмів виникає утруднення визначення числа ступенів рухливості. Труднощі також виникають при визначенні пасивних зв'язків і їхнє відкидання.

В господарствах окрім мобільних машин класичної компоновки використовуються також довільної та шарнірно-зчленовані, що спонукає на

розгляд установки датчиків і числа ступенів рухливості додатково.

Розглянемо двомасову шарнірно-зчленовану просторову модель мобільної машини (рис.3)

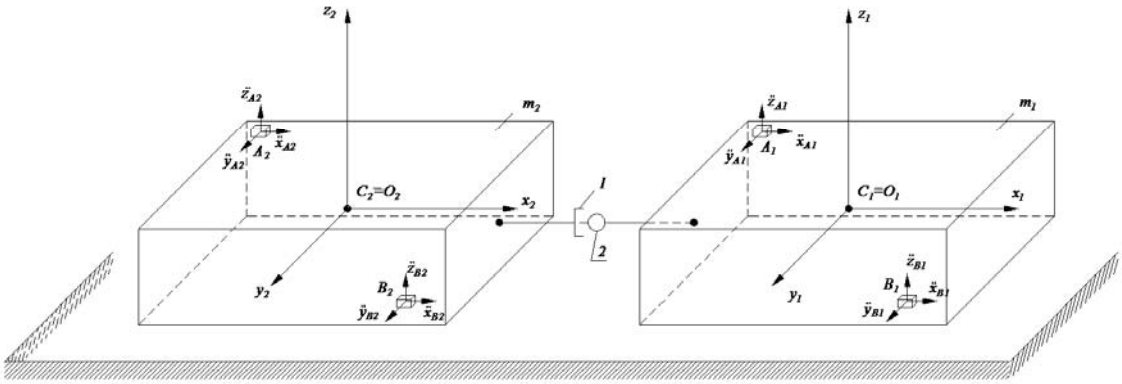

Рисунок 3 – Двомасова шарнірно-зчленована просторова модель мобільної машини: 1 – циліндричний шарнір з одним ступенем свободи; 2 – сферичний шарнір з двома ступенями свободи

Циліндричний шарнір 1 (рис.3) дає свободу відносного обертання мас m_1 і m_2 у площинах $Z_1O_1Y_1$ і $Z_2O_2Y_2$. Сферичний шарнір 2 (рис.3) дає дві ступені свободи для обертальних рухів у площинах $X_1O_1Y_1$; $X_2O_2Y_2$ і $Z_1O_1X_1$; $Z_2O_2X_2$. Таким чином, допускаючи можливість руху мас уздовж осей Z_1 і Z_2 визначимо число ступенів рухливості двохмассової шарнірно-зчленованої системи як

$$H = 6K - 3 = 6 \cdot 2 - 3 = 9 \qquad (3)$$

Для даної фізичної моделі можливо використовувати всього 9 вимірювальних осей. Це означає, що в схемі, наведеній на рис.3 використовується три зайвих вимірювальних осі. При забезпеченні коефіцієнта наглядовості [4], рівному одиниці є можливість прибрати три надлишкові вимірювальні осі.

Якщо їх залишити, то з'являється можливість дублювання спостережень окремих незалежних переміщень, що підвищує точність вимірювань [5]. При установці датчиків також повинна виконуватися умова паралельності вимірювальних осей датчиків відповідним осям рухомих систем координат $Z_1O_1X_1Y_1$ і $Z_2O_2X_2Y_2$, що пов'язані з масами m_1, m_2.

Висновки. У результаті проведеного дослідження визначено точки раціональної установки трьохкомпонентних датчиків лінійних прискорень і коректна орієнтація їх вимірювальних осей. На основі визначення взаємозв'язку між числом ступенів рухливості мобільної машини і числом осей чутливості датчиків запропонована методика вибору числа і місця їх установки при різних динамічних випробуваннях.

Список літератури

1. *Артемов Н.П.* Метод парциальных ускорений и его приложения в динамике мобильных машин / Н.П. Артемов, А.Т. Лебедев, М.А. Подригало, А.С.Полянский, Д.М. Клец, А.И.Коробко, В.В.Задорожняя, под ред. М.А.Подригало – Харьков: изд-во «Міськдрук», 2012. – 220 с.

2. *Подригало М.А.* Определение необходимого числа акселерометров и места их установки при динамических испытаниях мобильных машин / М.А. Подригало, Н.П. Артемов, Д.М. Клец, А.И.Коробко // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. Технические науки, - Симферополь, 2012, - Вып.36 – С.20 – 26.

3. *Подригало М.А* Повышение точности измерений ускорений мобильных машин путем снижения монтажной погрешности датчиков / М.А. Подригало, А.С.Полянский, Д.М. Клец, Е.А. Дубинин, Н.П. Артемов, В.В.Задорожняя // Науковий вісник Таврійського державного технологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2012. – Вип.2, Т.5. – С.84 – 92.

4. *Артемов Н.П.*Питання точності вимірювань під час динамічних випробувань мобільних машин / Н.П. Артемов, М.А. Подригало, Д.М. Клец, А.И.Коробко // Метрологія та прилади Науково-виробничий журнал. – Харків:, 2012. – № 5. – С.27 – 31.

5. *Подригало М* .Застосування методу паралельних спостережень при випробуваннях автомобілів / М. Подригало, О. Полянский, Д. Клец, А. Коробко, А. Мостова // Вісник Тернопільського національного технічного університету. Науковий журнал. 2011. – Том 16. - № 1. – С. 57 – 62.

Аннотация

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАБЛЮДАЕМОСТИ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ МАШИН ПРИ ДИНАМИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЯХ

Артёмов Н.П.

В статье обосновано определение точек рациональной установки трехкомпонентных датчиков линейных ускорений, и корректная ориентация их измерительных осей в пространстве для обеспечения наблюдаемости объекта при динамических испытаниях мобильных машин и агрегатов.

Abstract

THE PROVISION OF OBSERVABILITY MOTION PARAMETERS OF MOBILE MACHINES DYNAMIC TESTS

N. Artiomov

The article substantiates the definition of rational points of the installation of three-component sensors of linear accelerations, and correct orientation of the measuring axes in space to provide observability of objects in dynamic tests of mobile machines and units.