

УДК 625.032

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА СХЕМА ПІДВІСКИ ПРИЧЕПА ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ

Семків О.М., к.т.н.

Національний університет цивільного захисту України (м. Харків),

Сухарькова О.І.

Український державний університет залізничного транспорту

(м. Харків)

Розглянуто експериментальну схему трипружинної підвіски візка з двома компенсаційними вантажами для використання в автомобільному причепі, здатного перевозити вибухонебезпечні вантажі в умовах бездоріжжя.

Ключові слова: підвіска візка причепа, лагранжیان, рівняння Лагранжа другого роду, компенсаційні вантажі.

Постановка проблеми. Динамічні якості транспортних систем обмежені характеристиками ресорних підвісок [1], які недостатні для транспортування небезпечних вантажів. Відсутність малогабаритних засобів утруднює в умовах бездоріжжя транспортування від місця виявлення до пункту утилізації вибухонебезпечних вантажів, у тому числі застарілих боєприпасів. Тому актуальною є розробка схем спеціальних автомобільних причепів із «м'якою» ресорною (або пружинною) підвіскою, яка дозволить безпечно транспортувати небезпечні вантажі в польових умовах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розрахунки одноступеневих ресорних підвісок орієнтовані переважно на автомобілебудування [1,2]. Для перевезення небезпечних вантажів підвіски причепів модернізують на основі пристроїв Алабужева зі змінною жорсткістю [2], додаванням другої ступені [3] та інших схем конструкцій, динамічні характеристики яких забезпечують безпечне перевезення. Відсутність двигуна і трансмісії, прогнозовані невелика маса і швидкість пересування зумовлюють появу простої конструкції причепа. Все це дозволяє в нових експериментальних схемах автомобільного причепа зосередитись переважно на характеристиці «м'якості» його підвісок.

Формулювання цілей статті. Розробити експериментальну схему трипружинної підвіски візка з двома компенсаційними вантажами для використання в автомобільному причепі, здатному перевозити вибухонебезпечні вантажі в умовах бездоріжжя.

Основна частина. При незначних швидкостях вертикальні коливання суттєво впливають на динамічні властивості транспортного засобу. Тому доцільно провести їх розрахунок на плоскій моделі. У наведеній схемі (рис. 1,а) підвіски (на одне колесо причепа) використано три пружини з коефіцієнтами жорсткості k_1 , k_2 і k_3 , а також два допоміжні вантажі масами m_1 і m_2 , які виконують роль компенсаторів коливань. Компенсаційні вантажі призначені для попереднього гасіння коливань і зменшення їх впливу на кузов причепа. Для успішної реалізації цієї схеми необхідно забезпечити необхідні взаємопов'язані рухи пружин та вантажів. Вважається, що на коливальну систему через колесо діє сила, описана функцією $f(t) = A \cos(\omega t)$. На рис. 1,б зображено розміри схеми підвіски, виражені через модуль d .

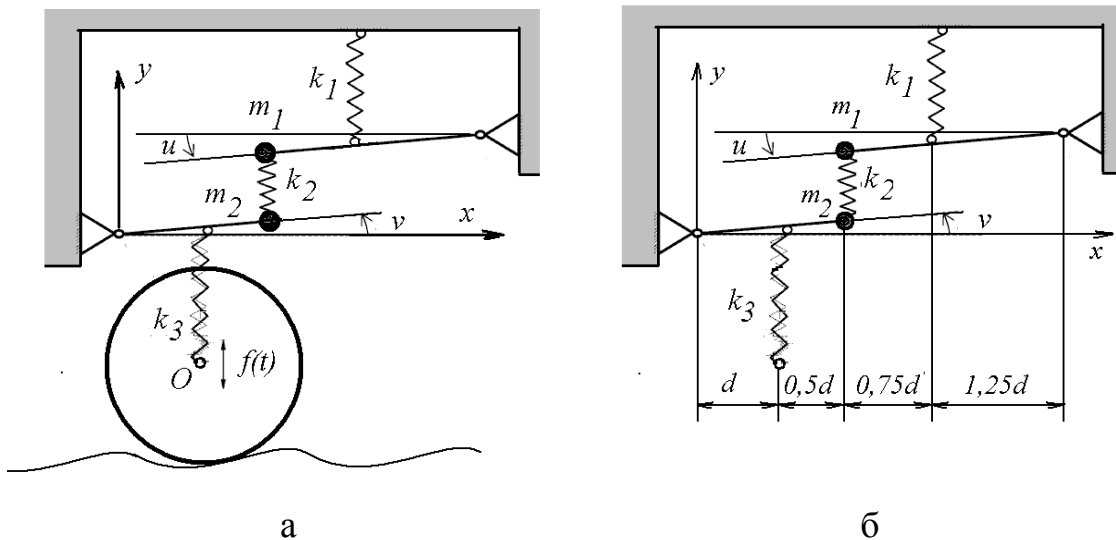


Рис. 1. Схема підвіски причепа для транспортування вибухонебезпечних вантажів

Для дослідження динамічних характеристик підвіски причепа було складено і розв'язано систему рівнянь Лагранжа другого роду. Для цього використано лагранжیان $L = K - P$, де формули для кінетичної і потенціальної енергій мають вигляд:

$$K = \frac{1}{2}(a_{11}\dot{u}^2 + a_{22}\dot{v}^2); \quad (1)$$

$$P = \frac{1}{2}(c_{11}u^2 + 2c_{12}uv + c_{22}v^2 + k_3(f \sin \omega t)^2 - 2dk_3fv \sin \omega t). \quad (2)$$

У цих виразах $a_{11} = \frac{4m_1d^2}{3}$ і $a_{22} = \frac{(1,5)^2 m_2d^2}{3}$ – коефіцієнти інерції,

$$c_{11} = (k_1(1,25)^2 + 4k_2)d^2; \quad c_{12} = c_{21} = 3k_2d^2; \quad c_{22} = (k_2(1,5)^2 + k_3)d^2 -$$

коефіцієнти жорсткості.

За допомогою Maple-програми визначено аналітичний вигляд виразів системи рівнянь Лагранжа другого роду:

$$a11 \left(\frac{d^2}{dt^2} u(t) \right) + c11 u(t) + c12 v(t) = 0 ; \quad (3)$$

$$a22 \left(\frac{d^2}{dt^2} v(t) \right) + c12 u(t) + c22 v(t) - k3 f(t) d \sin(\omega t) = 0 . \quad (4)$$

Розв'язувати цю систему рівнянь будемо чисельно за допомогою методу Рунге-Кутти з початковими умовами $u(0) = u_0$, $u'(0) = Du_0$, $v(0) = v_0$, $v'(0) = Dv_0$.

Наведемо приклад розрахунку схеми пружинної підвіски за умови визначення значень коефіцієнту жорсткості k_1 першої пружини залежно від інших сталих параметрів схеми. Для визначеності оберемо значення параметрів (усі в умовних одиницях):

$m_1 = 82.5$ – маса першого вантажу;

$m_2 = 20$ – маса другого вантажу;

$k_2 = 600$ – коефіцієнт жорсткості другої пружини;

$k_3 = 700$ – коефіцієнт жорсткості третьої пружини;

$d = 0.5$ – модуль конструкції;

$\omega = 16$ – частота дії вимушеної сили;

$A = 0.1$ – амплітуда дії вимушеної сили;

$f = A \cdot \cos(\omega \cdot t)$ – закон дії вимушеної сили.

У процесі обчислень необхідно визначати коефіцієнт жорсткості k_1 першої пружини, величина якого забезпечить взаємопов'язані рухи елементів схеми підвіски. Розв'язувати систему рівнянь будемо чисельним методом Рунге-Кутти з умовами: $u_0 = 0,1$; $u'_0 = 0$; $v_0 = 0,1$; $v'_0 = 0$. У результаті будемо наблизити зображення інтегральної кривої у фазовому просторі $\{v, Dv, t\}$. Воно складатиметься з множини відрізків, що з'єднують послідовні точки, одержані в результаті наближеного розв'язання системи рівнянь. Це зображення залежатиме від певного значення «управляючого» параметра k_1 . При випадкових значеннях k_1 у фазовому просторі $\{v, Dv, t\}$ утвориться «плутана» інтегральна крива, проекція якої на фазову площину $\{v, Dv\}$ також буде «плутаною» фазовою траєкторією (рис. 2, а), що приведе до «неприродних» рухів елементів схеми підвіски.

У разі зміни значень «управляючого» параметра має змінюватися і характер фазової траєкторії. При певному критичному значенні вона зміниться на якісному рівні – перетвориться в «закономірну» криву (рис. 2,б). На фазовій площині $\{v, Dv\}$ спостерігатиметься ніби оптичний ефект «наведення на різкість» плутанини фазових траєкторій (тобто проекційне фокусування [4,5]).

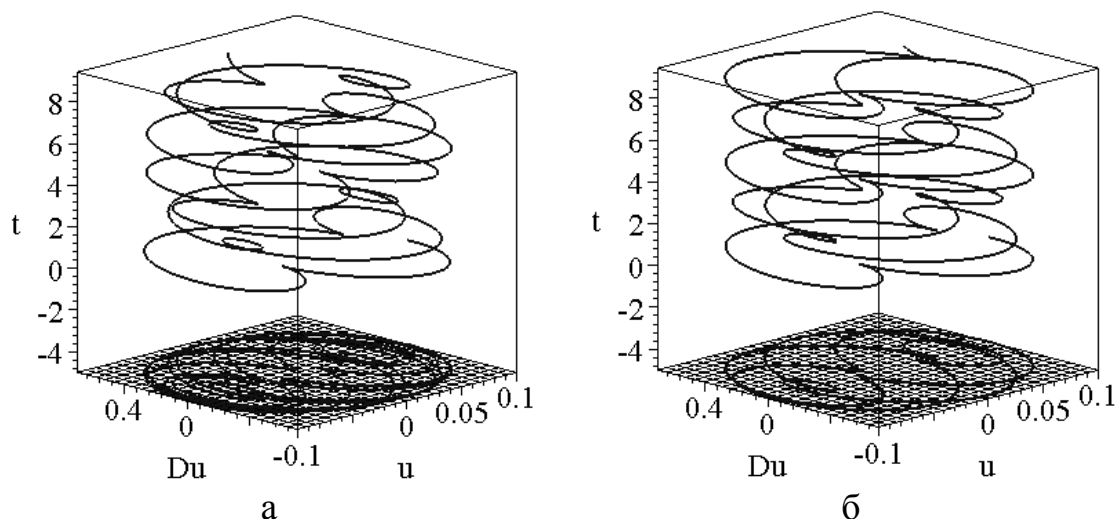


Рис. 2. Інтегральні криві і фазові траєкторії для:
а) випадкового значення k_1 ; б) обчисленого значення $k_1 = 1188$

Отже, у розглянутому прикладі при $k_2=600$, $k_3=700$ критичне значення коефіцієнта жорсткості першої пружини доцільно обрати $k_1 = 1188$. Урахування значення $k_1 = 1188$ у процесі розв'язання системи рівнянь дозволяє наближено обчислити кути $u(t)$ і $v(t)$, які забезпечують взаємопов'язані рухи у часі елементів схеми підвіски. Переконалися у цьому можна за допомогою створеного анімаційного фільму, деякі кадри якого наведені на рис. 3.

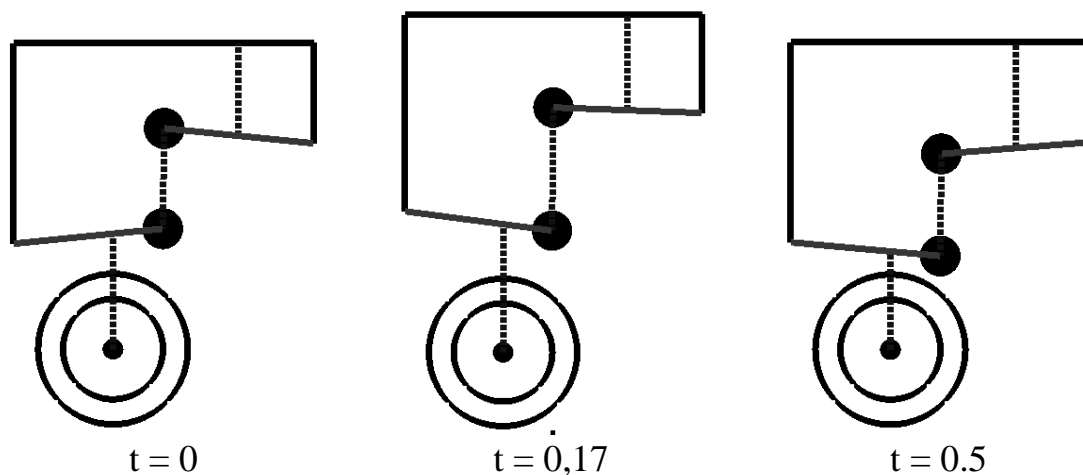


Рис. 3. Кадри анімаційного фільму положення елементів підвіски в моменти часу t

Висновки. Наведена схема проєкційного фокусування дозволяє розрахувати експериментальну схему трипружинної підвіски колеса візка з двома компенсаційними вантажами.

Подальші дослідження будуть пов'язані з визначенням меж зміни параметрів для забезпечення необхідних взаємопов'язаних рухів схеми підвіски.

Література

1. Лазарян В.А. Некоторые современные проблемы динамики транспортных средств. В кн.: Нагруженность, прочность, устойчивость движения механических систем / В.А. Лазарян. – К.: Наук. думка, 1980. – С. 3–43.
2. Алабужев П.М. Виброзащитные системы с квазиулевыми жесткостями / П.М. Алабужев А.А. Гритчин, Л.И. Ким и др. – Л.: Машиностроение, 1986. – 96 с.
3. Калиновский А.Я. Исследование плавности хода тележки для транспортировки взрывоопасных грузов с нелинейным поддресориванием / А.Я. Калиновский, Р.И. Коваленко // Проблемы надзвичайних ситуацій / НУЦЗ. – Харків, 2014. – Вип. 19. – С. 63-73.
4. Семків О.М. Метод визначання особливих траєкторій коливань вантажу 2d-пружинного маятника / О.М. Семків // Вісник ХНАДУ/ХНАДУ. – Харків, 2015. – № 71. – С. 36-44.
5. Семків О.М. Особенности геометрической формы колебаний груза 2d-пружинного маятника / О.М. Семків // VII Международная конференция по научному развитию Евразии.– Вена, 2015.– С. 214-217.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ СХЕМА ПОДВЕСКИ ПРИЦЕПА ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ

Семків О.М., Сухарькова Е.И.

Рассмотрена экспериментальная схема трехпружинной подвески тележки с двумя компенсационными грузами для использования в автомобильном прицепе, способного перевозить взрывоопасные грузы в условиях бездорожья.

Ключевые слова: подвеска тележки прицепа, лагранжиан, уравнение Лагранжа второго рода, компенсационные грузы.

EXPERIMENTAL SCHEME OF TRAILER SUSPENSION FOR TRANSPORTATION OF DANGEROUS GOODS

O. Semkiv, E. Sukharkova

The experimental scheme of suspension with three springs and two compensating weights to be used in a trailer for transportation of explosive cargo in off-road conditions is reviewed.

Keywords: suspension of the trailer truck, lagrangian, Lagrange equation of the second kind, compensation weights.