



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **36737** (13) **U**
(51) МПК (2006)
B60G 13/00
F16F 7/10

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ВІБРОПОГЛИНАЮЧА ПЛАТФОРМА

1

2

(21) u200805590

(22) 29.04.2008

(24) 10.11.2008

(46) 10.11.2008, Бюл.№ 21, 2008 р.

(72) ДІВЕЄВ БОГДАН МИХАЙЛОВИЧ, UA, ВІКОВИЧ ІГОР АНДРІЙОВИЧ, UA, ДУБНЕВИЧ ОЛЕКСАНДР МИХАЙЛОВИЧ, UA, СМОЛЬСЬКИЙ АНДРІЙ ГРИГОРОВИЧ, UA

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА", UA

(57) Вібропоглинаюча платформа, що містить плиту з пружними елементами, динамічні гасники коливань, яка **відрізняється** тим, що додатково містить шарувату композитну пластину з високими демпфівальними властивостями, встановлену на пружних елементах з розміщеними на ній системою динамічних гасників коливань, виконаних у вигляді консольно закріплених, на плоских пружних елементах, мас.

Корисна модель відноситься до машинобудування, а саме, до класу пасивних віброзахисних пристроїв, з динамічними гасниками коливань і може застосовуватися для віброзахисту дорожніх вібраційних машин, гірничої добувної і гірничопереробної техніки, у спеціалізованих транспортних засобах, в автобусах з низькою підлогою, у схемах амортизації приладів тощо.

Відомі різноманітні конструкції вібропоглинаючих платформ, наприклад [патенти SU1654060A1, JP206889/92, US2007/0125930A1], у тому числі вібропоглинаючі платформи з багатомасовими динамічними гасниками коливань [JP2004257564].

Проте, крім позитивного впливу такі конструктивні рішення мають негативний ефект. Відомо, що застосування вібропоглинаючої маси або динамічного гасника коливань (ДГК) пов'язане з такими явищами, як виникнення двох паразитних резонансних частот у безпосередній близькості до робочої частоти ДГК. Другий недолік, це поступова зміна частотних характеристик ДГК під впливом втоми матеріалу елементів з'єднань, мікропроковзувань, нагріву в процесі роботи та інших чинників. Ці чинники вимагають не лише прецизійного виготовлення ДГК, але і постійного моніторингу його динамічних властивостей, що значно збільшує його вартість, а у випадку автомобільної підвіски часто є складним для реалізації завданням.

Переважаю у конструкціях ДГК не враховують гнучкість конструкції, до якої вони приєднані. Вібропоглинаючі властивості пластинчастих конструкцій машин проектують без урахування можливості

покращення їх характеристик за допомогою ДГК.

Найближчою до запропонованої корисної моделі за технічною суттю і досягненням результату є вібропоглинаюча платформа [патент WO2006/103291A1 2006], що містить плиту з пружними елементами, динамічні гасники коливань.

Однак, в такій схемі платформи з ДГК не враховано можливість використання демпфірування в пружних елементах ДГК і демпфірування у самій платформі, що не забезпечує необхідного вібропоглинання.

В основу корисної моделі поставлено завдання розробити вібропоглинаючу платформу, яка би за рахунок додаткового введення шаруватої композитної пластини з високими демпфівальними властивостями, забезпечувала б краще вібропоглинання.

Поставлене завдання досягається тим, що вібропоглинаюча платформа, що містить плиту з пружними елементами, динамічні гасники коливань, згідно корисної моделі, додатково містить шарувату композитну пластину з високими демпфівальними властивостями, встановлену на пружних елементах з розміщеними на ній системою динамічних гасників коливань, виконаних у вигляді консольно закріплених, на плоских пружних елементах, мас.

Введення додаткової шаруватої композитної пластини з високими демпфівальними властивостями, встановленої на пружних елементах з розміщеними на ній системою динамічних гасників коливань, забезпечує краще вібропоглинання у

(19) **UA** (11) **36737** (13) **U**

ширшому частотному діапазоні без паразитних близько резонансних збурень.

На Фіг.1 показано принципову конструктивну схему; на Фіг.2 - схематичне зображення гнучкої платформи; Фіг.3 - першу форму згинних коливань платформи; Фіг.4 - другу форму згинних коливань платформи; Фіг.5 - карту рівнів віброзахисту в околі робочої частоти; Фіг.6 - оптимізацію віброзахисту конструкції в заданому частотному діапазоні; Фіг.7 - форму оптимізованого пружного елемента ДГК; Фіг.8 - відносну величину демпфірування системи залежно від розподілу товщин в пакеті, де: 1 - пластина, 2 - пружні елементи, 3 - шарувата композитна пластина, 4 - система динамічних гасників коливань.

Шарувата композитна пластина 3 з високими демпфірувальними властивостями, з прикріпленнями до неї пружними елементами 2 оперта на пластину 1. Система відповідно розміщених динамічних гасників коливань 4, виконаних у вигляді консольно закріплених, на плоских пружних елементах, має встановлені на шаруватій композитній пластині 3.

Вібропоглинаюча платформа працює так: вібрація найактивнішої частини конструкції через пластину 1 і пружні елементи 2 передається до шаруватій композитній пластині 3 з підвищеними демпфірувальними властивостями та до динамічних гасників коливань 4. Шарувата композитна пластина 3 поглинає енергію коливань конструкції

певного частотного діапазону, а динамічні гасники коливань 4 поглинають енергію коливань у своєму частотному діапазоні.

Кожен з динамічних гасників коливань починає незалежно поглинати енергію коливань системи у своєму частотному діапазоні. При застосуванні ДГК, для зменшення коливань конструкцій у середньому частотному діапазоні, необхідно враховувати деформативність цієї конструкції. Адже робоча частота ДГК може наближатися до власних частот конструкції. У такому випадку треба розглядати загальну дискретно-континуальну розрахункову схему. Для прикладу розглянемо платформу водія як гнучку конструкцію з приєднаними ДГК. Прогин платформи візьмемо в такому вигляді:

$$w = u_1 + w_1\varphi_1 + w_2\varphi_2 + \dots \quad (1)$$

Тут φ_i - координатні функції. У загальному випадку - це тривимірні функції. У даному випадку - це функції двовимірні $\varphi(x, y)$, де x, y - координати платформи, u_1 - вертикальне зміщення платформи.

Розглянемо лише першу форму коливань платформи (Фіг.3).

З варіаційного принципу Гамільтона-Остроградського отримаємо рівняння динамічної рівноваги для вібропоглинаючої платформи з ДГК (Фіг.1), яке запишемо у вигляді:

$$\begin{aligned} m_1 \frac{d^2 w_1}{dt^2} - k_1(u_1 - w_1) + k_3(u_1 + w_1\varphi_1(x_3, y_3) - u_3) \cdot \\ \cdot \varphi_1(x_3, y_3) + k_4(u_1 + w_1\varphi_1(x_4, y_4) - u_4)\varphi_1(x_4, y_4) + \\ + k_5(u_1 + w_1\varphi_1(x_5, y_5) - u_5)\varphi_1(x_5, y_5) + \omega_1^2 m_1 \left(w_1 + \eta_1 \frac{dw_1}{dt} \right) = 0; \\ m_3 \frac{d^2 u_3}{dt^2} + k_3(u_3 - u_1 - w_1\varphi_1(x_3, y_3)) = 0; \\ m_4 \frac{d^2 u_4}{dt^2} + k_4(u_4 - u_1 - w_1\varphi_1(x_4, y_4)) = 0; \\ m_5 \frac{d^2 u_5}{dt^2} + k_5(u_5 - u_1 - w_1\varphi_1(x_5, y_5)) = 0 \end{aligned} \quad (2)$$

Тут ω_1 - перша власна частота коливань вібропоглинаючої платформи, m_1 - зведена маса вібропоглинаючої платформи, η_1 - коефіцієнт демпфірування вібропоглинаючої платформи, u_1 - вертикальне зміщення основи, u_3, u_4, u_5 - переміщення мас ДГК m_3, m_4 , і m_5 .

Оптимізація системи машина - ДГК. Найоптимальнішим розташуванням ДГК є приєднання тримасового ДГК (Фіг.5) безпосередньо до платформи водія. Поодинчий ДГК має суттєвий недолік - наявність зони підсилення вібрації поруч з зоною вібропоглинання. Як і можна було спрогнозувати, оптимальним є приєднання ДГК безпосередньо до платформи з переміщенням мас у вертикальному напрямку.

Для системи (2) написана програма (на мові Fortran) та отримано деякі залежності рівнів вібрації та величин вібропотоків. Демпфірування задавалося в'язким-пропорційним жорсткості. У такому випадку на основі (2) при одночастотному режимі отримуємо системи звичайних алгебраїчних рівнянь

$$-[M]\omega^2 \bar{u} + [K]\bar{u} = \bar{F} \quad (3)$$

з комплексними коефіцієнтами.

Маси та пружні елементи ДГК вибиралися на основі алгоритмів оптимізації. Застосовувалися два алгоритми:

1) Алгоритм візуалізації цільової функції оптимізації - рівня вібрації платформи за параметрами задачі.

2) Генетичний алгоритм багатопараметричної оптимізації.

Хоч перший алгоритм менш ефективний, однак він дозволяє проглянути зони зміни параметрів в малопараметричній постановці, і дає змогу дослідити такий параметр як робастність, тобто наявність достатнього околу позитивних значень віброзахисту в околі оптимальної точки.

Нижче наведено (Фіг.5) приклад двопараметричної оптимізації (за частотами додаткових ДГК).

Цільова функція при оптимізації задавалася у вигляді

$$F_{cil} = \max_{f_1 < \omega_1 < f_2} (|w_1|). \quad (4)$$

Тут один з ДГК налаштований на фіксовану частоту зовнішнього збурення $\omega_1 = 50\text{Гц}$, а частоти двох інших налаштовані оптимальним чином.

Оптимізація при невідомих динамічних характеристиках платформи. При невідомих динамічних характеристиках платформи, коли можлива присутність резонансних частот у заданому діапазоні, цільова функція при оптимізації задавалася у вигляді

$$F_{cil} = \max_{f_1 < \omega_1 < f_2} \left(\int_{f_1}^{f_2} |w_1(f)| P(f) df \right), \quad (5)$$

де U_3 - рівень вібрації платформи, f_1, f_2 - границі частотного діапазону, P - вагова функція, ω_1 - перша власна частота. Параметри оптимізації: маси гасників m_3, m_4 , і m_5 , пружини $k_3 \div k_5$, коефіцієнти демпфірування $c_3 - c_5$. На Фіг.6 наведені оптимізовані АЧХ при різних значеннях власних частот f_w коливань платформи у діапазоні $f_1 = 40\text{с}^{-1} - f_2 = 60\text{с}^{-1}$.

На основі визначених оптимальних інтегральних оптимальних параметрів розроблено конструкцію ДГК. По суті пружні елементи ДГК для досягнення ефективного вібропоглинання повинні

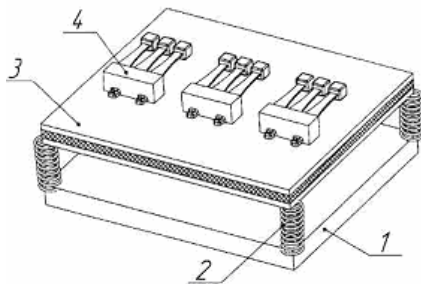
працювати при максимальних амплітудах коливань в зоні максимально допустимих напружень.

Пружні елементи для додаткових поглиначів вибиралися ідентичними. Настоювання на частоті коливань відбувається за рахунок переміщення і фіксації маси ДГК в прорізі. Для зменшення габаритів ДГК і підвищення міцності пружні елементи вибиралися профільованими. На Фіг.6. показана оптимізований за міцністю та матеріалоємністю типовий пружний елемент ДГК.

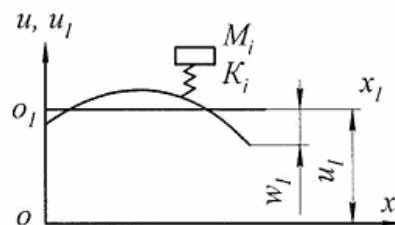
Оптимізація шаруватої платформи платформи. Як бачимо з Фіг.3 типова сталева платформа розмірами $2.0 \times 1.8 \times 0.01\text{м}$ має резонансні частоти, близькі до частоти зовнішнього збурення 50Гц . Бажано відійти від цього частотного діапазону та збільшити демпфірувальні властивості платформи. Для цього вибиралася конструкція платформи у вигляді тришарової пластини з проміжковим демпфірувальним шаром (Фіг.1).

На Фіг.8 наведена залежність демпфірування в пакеті залежно від товщини H_f верхнього жорсткого шару та різних співвідношеннях жорсткості E_1/E_2 демпфірувального та основного матеріалу.

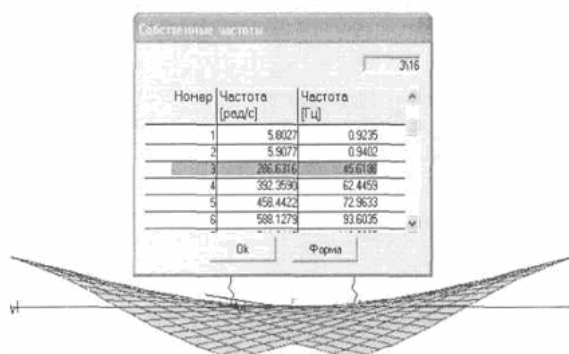
Отже, для зменшення рівнів вібрації машин доцільно застосовувати запропоновані нами ДГК. Для вирішення інженерної задачі оптимального проектування конструкції з ДГК треба вирішити ряд інженерних задач: оптимізація вібропоглинаючих властивостей ДГК у досить широкому частотному діапазоні, довговічність конструкції, її габарити та зважити на те, що нами наведено приклад конструкції ДГК, яка має перевагу над рядом широкоживаних. Ця конструкція ДГК може бути застосована і як основа конструкції адаптивних ДГК. У подальшому ці алгоритми планується застосувати до таких машин, як автобус з низьким розташуванням підлоги, трейлери та великогабаритні і транспортні машини, спектр коливань яких достатньо густий в зоні частот зовнішніх збурень.



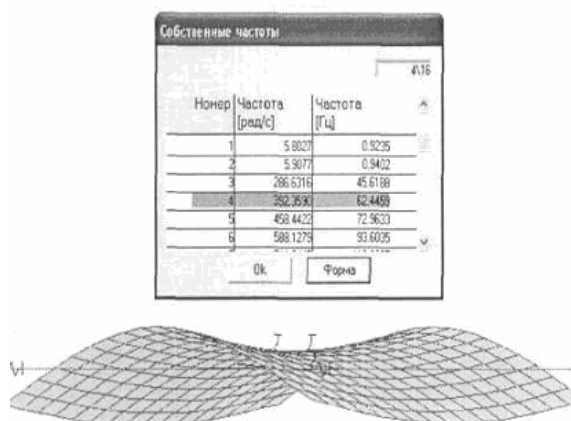
Фіг. 1



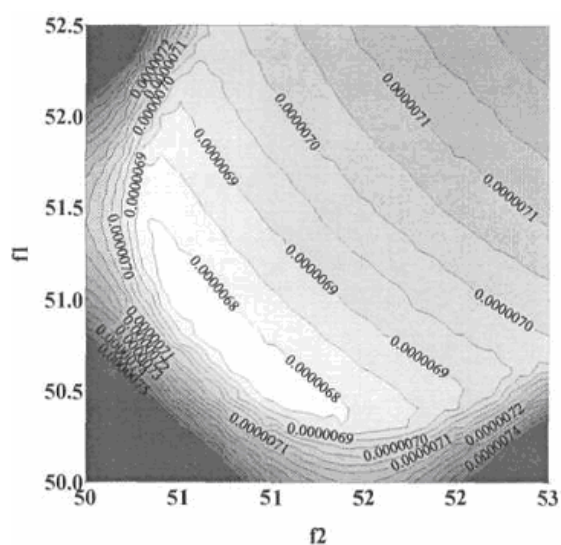
Фіг. 2



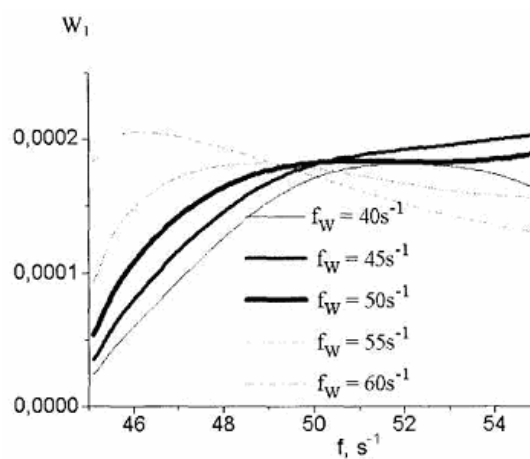
Фиг. 3



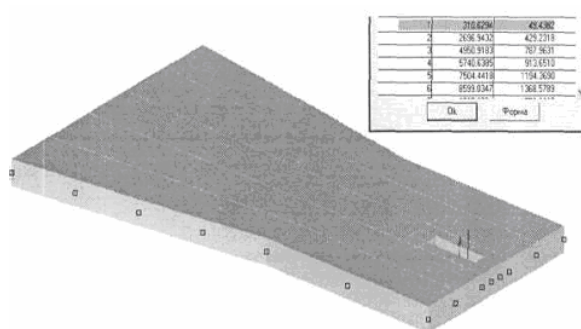
Фиг. 4



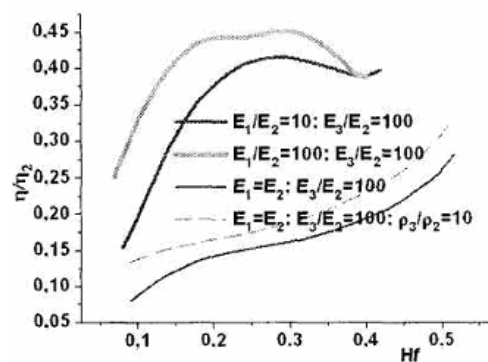
Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8