

С.В. Мельничук, к.т.н., доц.
Є.М. Рибалкін, к.т.н., доц.

Житомирський державний технологічний університет

ДВОМАСОВА КОЛИВАЛЬНА СИСТЕМА ПІДВІСКИ АВТОМОБІЛЯ НА ОСНОВІ ЧОТИРИЛАНКОВОГО ВАЖІЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ

Розроблено математичну модель та отримано передаточну функцію двомасової коливальної системи підвіски автомобіля, що включає пружно-демпферний модуль на основі чотириланкового важільного механізму. Показано перевагу такої системи в порівнянні з традиційною.

Постановка проблеми. У роботах [1, 2] показана можливість створення пружно-демпферного модуля підвіски автомобіля на основі чотириланкового важільного механізму (ЧЛВМ). Дослідження математичних моделей пружно-демпферних модулів на основі ЧЛВМ та традиційного показали наступні переваги першого:

- деформація пружного елемента та переміщення демпферуючого вдвічі більші за вертикальне переміщення підресореної маси, що призводить до збільшення в два рази енергоємності підвіски;
- можливість використання пружного та демпферного елементів із удвічі меншими коефіцієнтами жорсткості та в'язкого опору відповідно для забезпечення того ж рівня частоти та гасіння коливань підресореної маси, що розширює діапазон регулювання плавності ходу автомобіля;
- можливість застосування пружно-демпферного модуля на основі ЧЛВМ для відносно великих підресорених мас на значних динамічних навантаженнях на підвіску.

Вказані розробки та дослідження проводились на спрощеній системі підресорювання при неврахуванні непідресореної маси і в припущенні абсолютно жорсткого колеса з відсутністю в'язкого опору в ньому.

Відомо, що в реальному випадку на коливання підресореної маси також впливає коливання непідресореної маси та значення жорсткості й в'язкого опору шини колеса автомобіля. Тобто система підресорювання одного колісного модуля являє собою двомасову коливальну систему (рис. 1). Дослідження традиційної двомасової коливальної системи наведені, наприклад, в роботах [3, 4, 5, 6, 7].

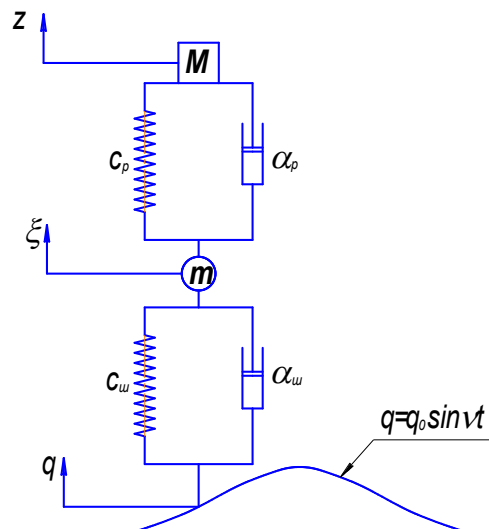


Рис. 1. Традиційна двомасова коливальна система підвіски автомобіля:

M – підресорена маса; m – непідресорена маса; C_p , C_u – жорсткості пружного елемента підвіски та шини; α_p , α_u – коефіцієнти в'язкого опору амортизатора та шини

Дослідження підвіски автомобіля проводять за амплітудно-частотними характеристиками (АЧХ) [6], які задаються передаточними функціями – відношеннями амплітуд вихідного (коливань підресореної маси) та вхідного (впливу нерівності дороги на колесо) сигналів залежно від частоти вхідного сигналу.

Передаточні функції служать основою для розрахунку систем підвіски при кінематичному збуренні зі сторони дороги.

АЧХ є об'єктивними характеристиками двомасової моделі, що дозволяють визначити вплив основних параметрів на коливання і системи підвіски підресореної і непідресореної мас.

Метою даної роботи є розробка математичної моделі двомасової коливальної системи колісного модуля автомобіля на основі ЧЛВМ та отримання її передаточної функції.

Щоб отримати передаточну функцію підвіски необхідно записати та розв'язати диференціальні рівняння руху автомобіля по нерівній дорозі.

Для складання диференціальних рівнянь введемо припущення аналогічні до [3, 4]:

- вертикальні коливання передньої і задньої підвісок незалежні відносно поперечної осі автомобіля, що проходить через центр тяжіння підресореної маси, тобто їх частоти власних коливань і коефіцієнти згасання є парціальними;
- вказані коливання симетричні відносно поздовжньої вісі автомобіля;
- шина задається як лінійний пружно-демпферний елемент.

На основі даних припущень дослідження проектованої підвіски на основі ЧЛВМ проведемо за еквівалентною двомасовою схемою (рис. 1).

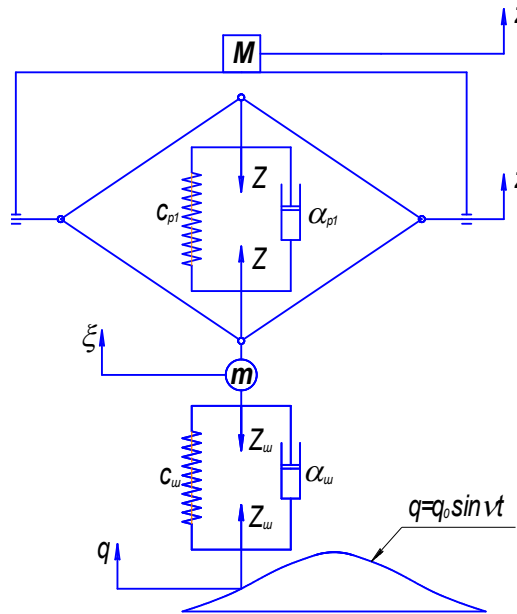


Рис. 2. Двомасова коливальна система на основі ЧЛВМ

Відлік сил і переміщень будемо задавати від рівня статичного прогину підвіски. Профіль дороги задамо синусоїдальною функцією $q = q_0 \cdot \sin vt$.

Як видно із схеми (рис. 2), в системі будуть діяти сили:

$$Z = Z_p + Z_a = c_p(z - \xi) \cdot 2 + \alpha_p(z - \xi) \cdot 2 = 2c_p(z - \xi) + 2\alpha_p(z - \xi), \tag{1}$$

$$Z_u = c_u(\xi - q) + \alpha_u(\xi - q).$$

Для мас M та m напишемо рівняння рівноваги:

$$\begin{cases} M \ddot{z} + 2c_p(z - \xi) + 2\alpha_p(z - \xi) = 0 \\ m \ddot{\xi} - 2c_p(z - \xi) - 2\alpha_p(z - \xi) + c_u(\xi - q) + \alpha_u(\xi - q) = 0 \end{cases} \tag{2}$$

або

$$\begin{cases} M \ddot{z} + 2\alpha_p \dot{z} + 2c_p z - 2\alpha_p \dot{\xi} - 2c_p \xi = 0 \\ m \ddot{\xi} + 2\alpha_p \dot{\xi} + \alpha_u \dot{\xi} + 2c_p \xi + c_u \xi - 2\alpha_p \dot{z} - 2c_p z = \alpha_u \dot{q} + c_u q \end{cases} \tag{3}$$

Ввівши позначення:

$$\omega_0^2 = \frac{2c_p}{M}; \quad \omega_1^2 = \frac{2c_p}{m}; \quad \omega_2^2 = \frac{c_u}{m}; \tag{4}$$

$$h_0 = \frac{2\alpha_p}{M}; h_1 = \frac{2\alpha_p}{m}; h_2 = \frac{\alpha_{ш}}{m},$$

отримаємо кінцевий вигляд системи диференціальних рівнянь, що описують коливальний процес у системі, показані на рис. 2, тобто є її математичною моделлю:

$$\begin{cases} \ddot{z} + h_0 \dot{z} + \omega_0^2 z - h_0 \dot{\xi} - \omega_0^2 \xi = 0 \\ \ddot{\xi} + h_1 \dot{\xi} + h_2 \xi + \omega_1^2 \xi + \omega_2^2 \xi - h_1 \dot{z} - \omega_1^2 z = h_2 q + \omega_2^2 q \end{cases} \quad (5)$$

Легко помітити, що система (5) збігається з математичною моделлю традиційною двомасовою коливальною системою підвіски (рис. 1), представленою в [4]. Відмінність складають лише вирази, що задають ω_0 , ω_1 , h_0 та h_1 . Для системи на основі ЧЛВМ вони визначаються подвійними жорсткістю $2c_p$ і коефіцієнтом в'язкого опору $2\alpha_p$ пружини та демпфера підвіски відповідно внаслідок подвійної деформації пружно-демпферного модуля [1].

Внаслідок розв'язання системи (5) приходимо до виразу передаточної функції відносних переміщень $S = z - \xi$ підресореної і непідресореної мас аналогічного [4]:

$$\Phi(v) = \frac{S_0}{q_0} = \frac{\sqrt{(h_2^2 v^2 + \omega_2^4) \cdot v^2}}{\sqrt{[v^4 - (\omega_0^2 + \omega_1^2 + \omega_2^2 + h_0 h_2) \cdot v^2 + \omega_0^2 \omega_2^2]^2 + [(h_0 \omega_2^2 + h_2 \omega_0^2) \cdot v - (h_0 + h_1 + h_2) \cdot v^3]^2}} \quad (6)$$

На рис. 3 наведено приклад АЧХ коливань автомобіля, отриманих на основі (6) для традиційної моделі (рис. 1): $\Phi_1(v)$ – гілка 1 та проектованої (рис. 2); $\Phi_2(v)$ – гілка 2 двомасових коливальних систем.

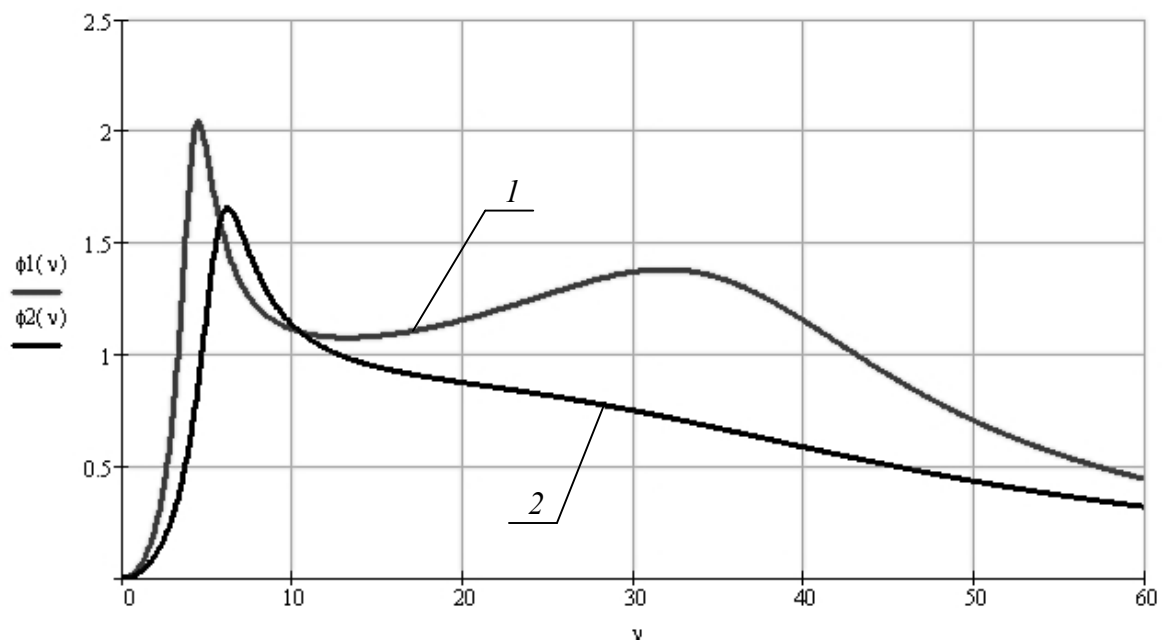


Рис. 3. АЧХ коливань автомобіля:

$$M = 100 \text{ кг}, m = 10 \text{ кг}, c_p = 1973 \frac{\text{Н}}{\text{м}}, c_{ш} = 12000 \frac{\text{Н}}{\text{м}}, \alpha_p = 250 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}}, \alpha_{ш} = 0$$

З рис. 3 видно, що при незмінних жорсткості пружного елемента та коефіцієнта в'язкого опору демпфера коливання автомобіля при кінематичному збуренні від дороги відбувається з меншими амплітудами (в тому числі й у зонах низькочастотного та високочастотного резонансів) при системі підвіски на основі ЧЛВМ. Це, знову ж таки, підтверджує її перевагу.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Мельничук С.В., Рибалкін Є.М. Моделювання підвіски автомобіля на основі важільного чотириланкового механізму // Вісник ЖДТУ. – 2003. – № 3. – С. 36–39.
2. Мельничук С.В., Безпалюк О.В. Дослідження моделей пружно-демпферних модулів підвіски автомобіля на основі важільного чотириланкового ромбовидного механізму // Вісник ЖДТУ. –

2004. – № 2 (29).
3. *Ротенберг Р.В.* Подвеска автомобиля. – М.: Машиностроение, 1972. – 392 с.
 4. *Говорущенко Н.Я., Туренко А.Н.* Системотехника транспорта (на примере автомобильного транспорта). – Харьков: РИО ХГАДТУ, 1999. – 468 с.
 5. *Дербаремдикер А.Д.* Амортизаторы транспортных машин. – М.: Машиностроение, 1985.
 6. *Копилевич Э.В., Пурник М.А., Федоров С.А.* Диагностика подвески автомобилей. – М.: Транспорт, 1974. – 52 с.
 7. *Смирнов Г.А.* Теория движения колесных машин. – М.: Машиностроение, 1981. – 271 с.

МЕЛЬНИЧУК Сергій Володимирович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів і механіки технічних систем Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- плавність ходу автомобіля;
- проектування підвіски автомобіля.

РИБАЛКІН Єфрем Михайлович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів і механіки технічних систем Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- динаміка машин.

Подано 01.06.2006