

УДК 625.032

Соколов Л.М.¹, Соколовський С.А.², Чернобай Г.О., к.т.н.¹

1 – Національний університет цивільного захисту України, м. Харків;

2 – Академія внутрішніх військ МВС України, м. Харків

МЕХАНІЧНА МОДЕЛЬ ВІЗКА ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ

Для перевезення небезпечних вантажів від місця знаходження до місця знищення пропонується створити спеціальний несамохідний візок, конструкція якого на відміну від традиційного для автомобілебудування одноступеневого ресорного підвішування має додаткову другу ступінь, динамічні характеристики якої забезпечують умови безпечного транспортування. Для розробки математичної моделі і комп'ютерної програми розрахунку динамічних характеристик візка створена механічна модель, яка складається із шести твердих тіл, що пов'язані відповідними пружними елементами. Рух цієї системи в процесі вимушених коливань, які спричиняються геометричними нерівностями абсолютно жорсткого профілю дороги заданої конфігурації, визначають вісім координат, відповідно до яких математична модель для дослідження поздовжніх коливань системи повинна мати п'ять, а поперечних – три диференціальні рівняння, які разом складають модель просторових коливань візка.

Постановка проблеми

На даний час серед аварійно-рятувальної техніки відсутні малогабаритні несамохідні засоби транспортування небезпечних, зокрема, вибухонебезпечних вантажів.

Для їх перевезення від місця знаходження до пункту утилізації запропоновано створити спеціальний візок (рисунок 1), ресорне підвішування якого має параметри, що задовольняють умовам безпечного транспортування, а відсутність двигуна й трансмісії обумовлює просту, надійну і, головне, недорогу конструкцію.

Динамічні якості сучасних транспортних систем обмежені характеристиками ресорного підвішування, які є суттєво недостатніми для транспортування небезпечних вантажів, і проблема покращення яких має бути вирішеною при розрахунках математичної моделі запропонованої конструкції.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Конструкції, принципи складання математичних моделей та методи розрахунку систем ресорного підвішування сучасних транспортних засобів викладені в роботах [1–6].

Постановка задачі та її розв'язання

Для перевезення небезпечних вантажів від місця знаходження до місця знищення пропонується створити спеціальний несамохідний візок, конструкція якого на відміну від традиційного для автомобілебудування одноступеневого ресорного підвішування має додатковий другий ступень, динамічні характеристики якої забезпечують умови безпечного транспортування.

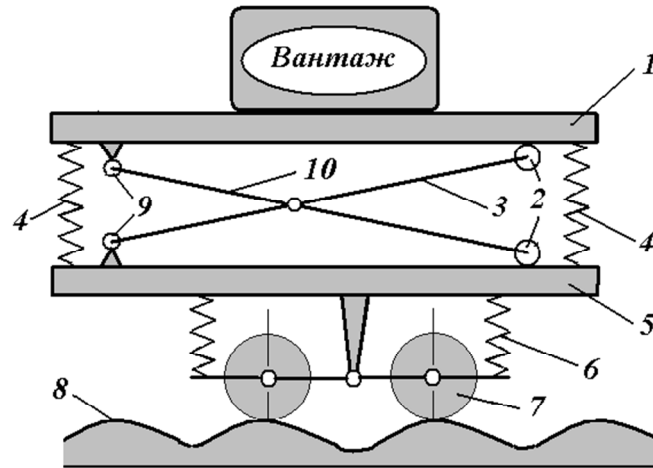


Рисунок 1 – Схема конструкції транспортного засобу для перевезення небезпечних вантажів
 1 – вантажна платформа; 2 – опорні котки; 3, 10 – важелі прямого паралелограма;
 4 – пружини другого ступеню підвішування; 5 – опорна платформа; 6 – пружини першої ступеню підвішування; 7 – колеса візка; 8 – профіль дороги; 9 – шарнірні кріплення важелів прямого паралелограма

Для побудови відповідної моделі розглянемо візок як систему пружно пов'язаних твердих тіл:

1 – вантажна платформа разом із приведеною до неї частиною маси другого ступеню ресорного підвішування й вантажем, масу яких позначимо M_2 , а осьовий момент інерції – I_{2x} та I_{2y} ;

2 – опорна платформа разом із приведеними до неї частинами маси другого та першого ступеню ресорного підвішування, масу яких позначимо M_1 , а осьовий момент інерції – I_{1x} та I_{1y} ;

3, 4, 5, 6 – колеса візка, масу яких позначимо M_0 .

Просторову модель візка наведено на рисунку 2.

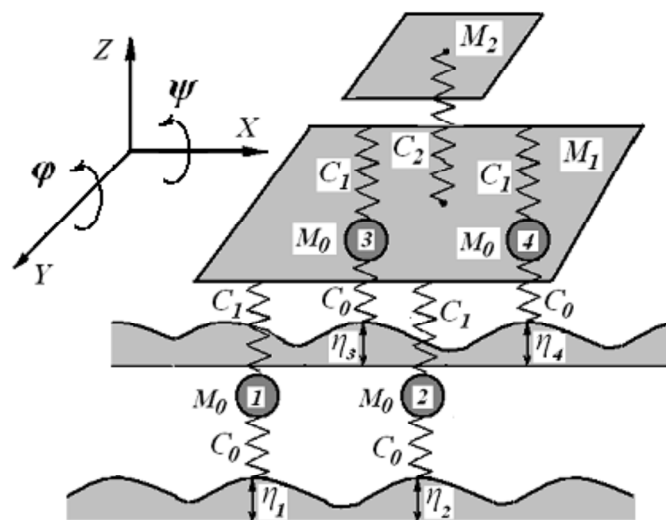


Рисунок 2 – Просторова модель транспортного засобу для перевезення небезпечних вантажів
 M_2 – маса вантажної платформи; C_2 – жорсткість еквівалентної пружини другого ступеню підвішування; M_1 – маса опорної платформи; C_1 – еквівалентна жорсткість торсіонів першого ступеню підвішування; M_0 – маса колеса візка; C_0 – еквівалентна жорсткість шини; η – профіль дороги

У першого ступеню ресорного підвішування запропонованого транспортного засобу прийнята традиційна для автомобілебудування незалежна торсіонна підвіска кожного із чотирьох коліс візка. Жорсткість торсіонів позначимо C_1 .

Маючи на увазі, що напрямні у вигляді важільного паралелограма забезпечують лише нормальне до опорної поверхні переміщення вантажної платформи, пружні елементи другого ступеню ресорного підвішування (разом із коректором жорсткості) моделюємо пружним елементом, приведену жорсткість якого позначимо C_2 .

Жорсткість шин позначимо C_0 .

Зважаючи на значно більшу в порівнянні з гумовими шинами жорсткість поверхні дороги в якості збудника вимушених коливань візка приймаємо абсолютно жорсткий геометричний профіль заданої конфігурації η .

На попередньому етапі досліджень при визначенні власних частот коливань дисипативні сили не враховуємо.

Поздовжні коливання досліджуваної механічної системи (рисунок 3) визначаються наступними абсолютними координатами:

- 1 – вертикальне переміщення вантажної платформи – Z_2 ;
- 2 – вертикальне переміщення опорної платформи – Z_1 ;
- 3 – кутове переміщення опорної платформи відносно поперечної осі – φ_1
- 4, 5 – попарні вертикальні переміщення передніх та задніх коліс візка – $Z_{01} = Z_{03}, Z_{02} = Z_{04}$.

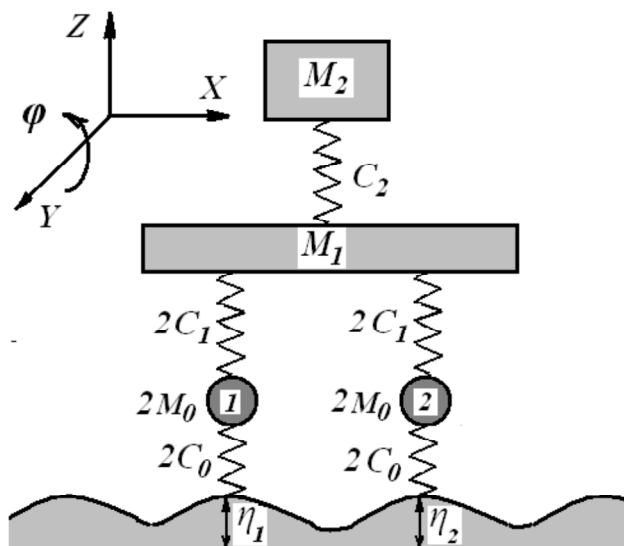


Рисунок 3 – Модель поздовжніх коливань транспортного засобу для перевезення небезпечних вантажів

M_2 – маса вантажної платформи; C_2 – жорсткість еквівалентної пружини другого ступеню підвішування; M_1 – маса опорної платформи; C_1 – еквівалентна жорсткість торсіонів першого ступеню підвішування; M_0 – маса колеса візка; C_0 – еквівалентна жорсткість шини; η – профіль дороги

Поперечні коливання досліджуваної механічної системи визначаються наступними абсолютними координатами:

- 6 – кутове переміщення опорної платформи відносно поздовжньої осі – ψ_1 ;
- 7, 8 – попарні вертикальні переміщення коліс, які знаходяться праворуч та ліворуч від поздовжньої осі візка – $Z_{01} = Z_{02}, Z_{03} = Z_{04}$.

Поперечні коливання, зазвичай, окремо не розглядаються, а лише разом із поздовжніми в складі просторової моделі.

Маючи на увазі, що вертикальні коливання мають основний вплив на динамічні властивості транспортної системи для попередніх досліджень, доцільно провести їх розрахунок на спрощеній одновісній моделі (рисунок 4).

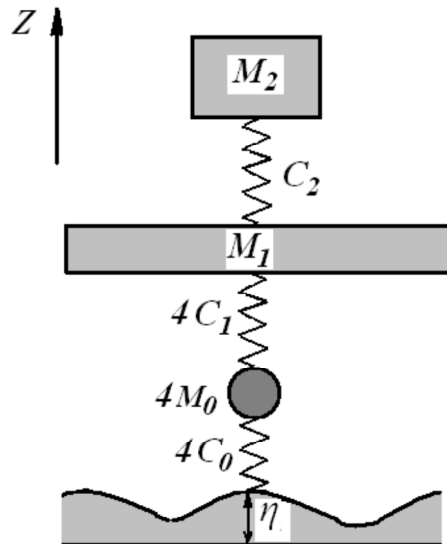


Рисунок 4 – Модель вертикальних коливань транспортного засобу для перевезення небезпечних вантажів

M_2 – маса вантажної платформи; C_2 – жорсткість еквівалентної пружини другого ступеню підвішування; M_1 – маса опорної платформи; C_1 – еквівалентна жорсткість торсіонів першого ступеню підвішування; M_0 – маса колеса візка; C_0 – еквівалентна жорсткість шини; η – профіль дороги

Висновки

Для розробки математичної моделі й комп'ютерної програми розрахунку динамічних характеристик візка, що призначений для транспортування небезпечних вантажів, створена механічна модель, яка складається із шести твердих тіл, що пов'язані відповідними пружними елементами.

Рух цієї системи в процесі вимушених коливань, які спричиняються геометричними нерівностями абсолютно жорсткого профілю дороги заданої конфігурації, визначають вісім координат, відповідно до яких математична модель для дослідження поздовжніх коливань системи повинна мати п'ять, а поперечних – три диференціальні рівняння, які разом складають модель просторових коливань візка.

Список літератури

1. Алабужев П.М. К разработке и исследованию виброзащитной системы с регулируемой жесткостью / П.М. Алабужев и др. // Вопросы динамики механических систем виброударного действия. – Новосибирск, 1980. – С. 8–13.
2. Андронов А.А. Теория колебаний / А.А. Андронов, А.А. Витт. – М.: Физматгиз, 1959. – 915 с.
3. Болотин В.В. Случайные колебания упругих систем / В.В. Болотин. – М.: Наука, 1979. – 336 с.
4. Гуляев В.И. Прикладные задачи теории нелинейных колебательных систем / В.И. Гуляев. – М.: Высшая школа, 1989. – 383 с.
5. Бухгольц Н. Н. Основной курс теоретической механики / Н. Н. Бухгольц. – Ч.1 – М.: Наука, 1972. – 468 с.
6. Пановко Я.Г. Основы прикладной теории упругих колебаний / Я.Г. Пановко. – М.: Машиностроение, 1966. – 315 с.

Рецензент: к.т.н., доц. Н.А. Мастепан, АДІ ДВНЗ «ДонНТУ».

Стаття надійшла до редакції 19.07. 12

© Соколов Л.М., Соколовський С.А., Чернобай Г.О., 2012