

*А.Я. Калиновський, к.т.н., доцент, нач. каф., НУЦЗУ,
О.М. Ларін, д.т.н., професор, НУЦЗУ,
В.І. Ціолковський, ад'юнкт, НУЦЗУ,
Г.О. Чернобай, к.т.н., доцент, НУЦЗУ*

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПНЕВМАТИЧНИХ ПРУЖНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ДРУГОЇ СТУПЕНІ РЕСОРНОГО ПІДВІШУВАННЯ ВІЗКА ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ

(представлено д-ром техн. наук Басмановим О.Є.)

Розглядається питання визначення конструктивних параметрів ресорного підвішування візка підвищеної якості для транспортування небезпечних вантажів з пневматичними пружними елементами в другій ступені. При застосуванні відповідно до умов навантаження в запропонованій конструкції візка для транспортування небезпечних вантажів чотирьох пневматичних пружних елементів, які розміщено в опорних точках вантажної платформи і складаються із гумово-кордних оболонок та додаткових резервуарів, відповідна якість підвішування забезпечується як пружними характеристиками самих пневматичних елементів, так і двома коректорами жорсткості.

Ключові слова: система ресорного підвішування, пневматичний пружний елемент, коректор жорсткості.

Постановка проблеми. Для транспортування небезпечних, зокрема, вибухонебезпечних вантажів від місця знаходження до пункту утилізації розроблений спеціальний візок, ресорне підвішування якого має характеристики, що задовольняють умовам безпечного транспортування, а відсутність двигуна і трансмісії обумовлює просту, надійну і, головне, недорогу конструкцію.

Визначення необхідних характеристик запропонованого ресорного підвішування, від яких залежать його динамічні властивості, має бути забезпечено відповідними розрахунками на математичній моделі, для побудови якої вельми суттєвим є вибір конструктивних параметрів пневматичних пружних елементів другої ступені.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На відміну від попередньої конструкції [1] для забезпечення кращої маневреності візка його передня вісь виконана поворотною (рис. 1).

Головною особливістю конструкції візка є застосування, на відміну від традиційного для автомобілебудування одноступеневого ресорного підвішування, додаткової другої ступені, динамічні характеристики якої забезпечують умови безпечного транспортування.

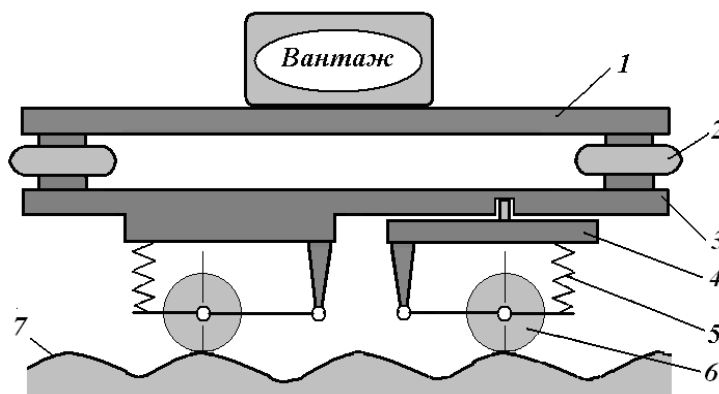


Рис. 1. Схема конструкції транспортного засобу для перевезення небезпечних вантажів: 1 – вантажна платформа, 2 – пневматичний пружний елемент другої ступені підвішування, 3 – опорна платформа, 4 – поворотна платформа, 5 – пружні елементи першої ступені підвішування, 6 – колеса візка, 7 – профіль дороги

Деякі особливості роботи цієї конструкції в умовах реальної експлуатації [2], що можуть суттєво ускладнити підготовку до транспортування небезпечних вантажів, можуть бути вирішені шляхом застосування пневматичних пружних елементів в опорних точках вантажної платформи [3, 4], а відповідна якість підвішування забезпечується коректорами жорсткості [5, 6].

Методи визначення динамічних характеристик сучасних систем ресорного підвішування транспортних засобів викладені в роботах [7-10].

Постановка завдання та його вирішення. Задача визначення оптимальних параметрів конструкції візка та його динамічних властивостей має бути вирішена побудовою математичної моделі та відповідних розрахунків. Пружні характеристики другої ступені ресорного підвішування, що складається із чотирьох пневматичних елементів (рис. 2) і двох коректорів жорсткості (рис. 3), в значній мірі залежать від типу гумово-кордних оболонок (ГКО), конструктивних параметрів пневматичного тракту, жорсткості пружин коректорів тощо.

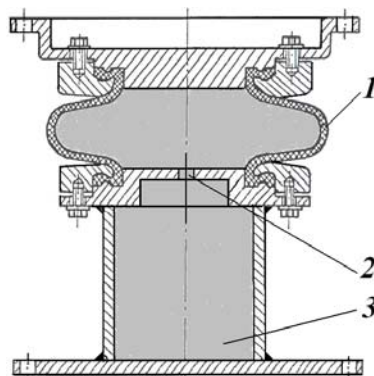


Рис. 2. Схема опорного елемента другої ступені пневматичного підвішування з ГКО моделі И-09. 1 – гумово-кордна однофрзова оболонка моделі И-09, 2 – дросельний отвір, 3 – додатковий резервуар

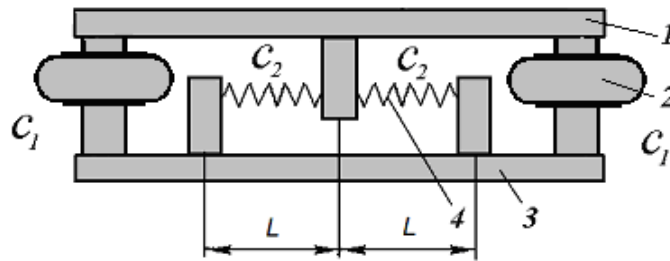


Рис. 3. Схема конструкції другої ступені ресорного підвішування із застосуванням коректора жорсткості: 1 – вантажна платформа, 2 – опорний елемент другої ступені підвішування, 3 – опорна платформа, 4 – пружини коректора жорсткості

Відповідно до умов навантаження в запропонованій конструкції можуть бути застосовані ГКО типу И-09 (рис. 4) виробництва «ФГУП «НПП «Прогресс» (м. Омск, Росія), характеристики яких наведені в табл. 1.

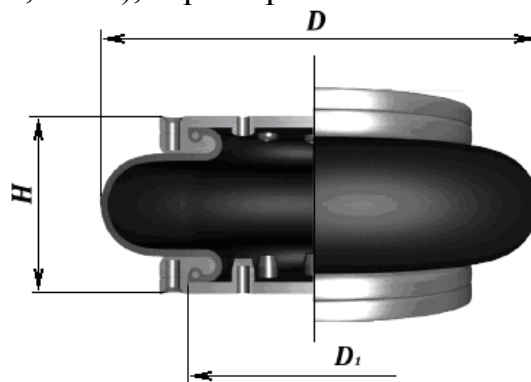


Рис. 4. Гумово-корднa оболонка моделі И-09. Конструктивні параметри ГКО Р – тиск у внутрішньому об'ємі ГКО при початковій висоті Н; Q – вантажепід'ємність ГКО при тиску Р та висоті Н; Z – максимальний хід від початкової висоті Н

Табл. 1. Характеристика ГКО типу И-09

Модель ГКО	Габаритні та приєднувальні розміри			Технічна характеристика		
	D, мм	H, мм	D ₁ , мм	P, МПа	Q, кН	Z, мм
И-09	150	86	74	0,06 – 0,17	0,35 – 1	± 40

Відповідно до конструктивних міркувань та аналізу попередніх досліджень [11] прийняті наступні запропонованої конструкції з ГКО типу И-09 (табл. 2).

Розглянемо умови забезпечення нульової жорсткості та вибір конструктивних параметрів для даної системи підвішування.

Умова $C(0) = 0$ виконується, якщо [5, 12]:

$$C_1 L = C_2 \Delta, \quad (1)$$

звідки попередній стиск пружин-коректорів становить

$$\Delta = C_1 L / C_2 = 18 \cdot 0,15 / 150 = 0,018 \text{ м.}$$

Табл. 2. Параметри ГКО типу И-09

№ з/п	Конструктивний параметр	Розмірність	Величина
1	Маса вантажної платформи з вантажем	кг	400
2	Тиск у внутрішньому об'ємі ГКО	МПа	0,17
3	Внутрішній об'єм ГКО	м ³	7,3·10 ⁻⁴
4	Ефективна площа ГКО	м ²	580·10 ⁻⁵
5	Об'єм додаткового резервуару	м ³	2,92·10 ⁻³
6	Діаметр дросельного отвору	м	5,0·10 ⁻³
7	Розрахункова жорсткість пневмоопори С ₁	кН/м	18
8	Жорсткість пружин коректора С ₂	кН/м	150
9	Довжина пружин-коректорів L	м	0,15
10	Попередній стиск пружин-коректорів Δ	м	0,018

Залежність розрахункової приведені жорсткості другої ступені ресорного підвішування $C(Y)$ від амплітуди коливань (Y) вантажної платформи визначається [5, 12] формулою

$$C(Y) = 2C_2 \left(1 - \frac{(L + \Delta)L^2}{\sqrt{(L^2 + Y^2)^3}} \right) + 2C_1. \quad (2)$$

На рис. 5 зображено розрахункові графіки приведені жорсткості при $\Delta = 0,018$ м та $\Delta = 0,02$ м.

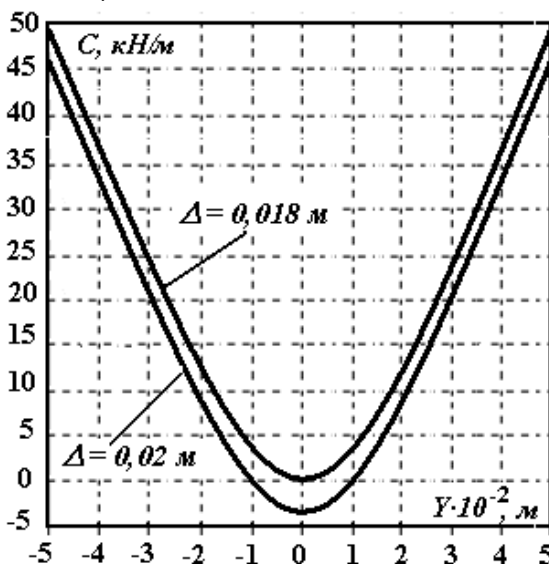


Рис. 5. Залежність приведені жорсткості другої ступені ресорного підвішування від амплітуди коливань вантажної платформи

Як видно з рисунку 5 при $C_2 = 150$ кН/м, $C_1 = 18$ кН/м, $L = 0,15$ м та $\Delta = 0,018$ м в околі точки $Y = 0$ існує деякий інтервал переміщень з квазінульовою жорсткістю. Коли $\Delta = 0,02$ м система має два інтервали переміщень з квазінульовою жорсткістю. Якщо $\Delta < 0,018$ м нульової жорсткості в системі немає.

Висновки. При застосуванні відповідно до умов навантаження в запропонованій конструкції візка для транспортування небезпечних вантажів чотирьох пневматичних пружних елементів, які розміщено в опорних точках вантажної платформи і складаються із гумово-кордних оболонки типу И-09 виробництва «ФГУП «НПП «Прогресс» (м. Омск, Росія) та додаткових резервуарів, відповідна якість підвішування забезпечується як пружними характеристиками самих пневматичних елементів, так і двома коректорами жорсткості.

Прийняті відповідно до конструктивних міркувань та аналізу попередніх досліджень наступні параметри запропонованої конструкції: об'єм додаткового резервуару $2,92 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ та діаметр дросельного отвору $5,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ визначають розрахункову жорсткість пневмоопори $C_1 = 18 \text{ кН/м}$, що при жорсткості пружин коректора $C_2 = 150 \text{ кН/м}$, їх довжині $L = 0,15 \text{ м}$ та попередньому стиску $\Delta = 0,02 \text{ м}$ забезпечують в околі положення статичної рівноваги деякий інтервал переміщень з квазінульовою жорсткістю.

Остаточне визначення динамічних характеристик запропонованої конструкції підвішування, від яких залежать властивості візка для транспортування небезпечних вантажів, має бути забезпечено подальшими розрахунками на математичній моделі, для яких вельми суттєвим є проведений вище вибір конструктивних параметрів пружних елементів другої ступені ресорного підвішування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ларін О.М. До питання вибору конструкції другої ступені ресорного підвішування несамохідного візка для транспортування небезпечних вантажів / Калиновський А.Я., Соколовський С.А., Чернобай Г.О. // Наук. вісник Українського науково-дослідного інституту пожежної безпеки / Науковий журнал №1 (25), 2012 – Київ, 2012. – С. 165 – 167.
2. Лагутин В.Л. Некоторые особенности работы второй ступени ресорного подвешивания несамоходной тележки для транспортировки опасных грузов / Лагутин В.Л. // Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Science. Vol. 8. 2013 – Budapest: С. 110 – 112.
3. Куценко С.М. Пневматическое ресорное подвешивание тепловозов. – Харьков: Вища школа, 1978. – 97 с.
4. Илюшкин С.Н. Тепловозы узкой колеи с пневматическим ресорным подвешиванием / Илюшкин С.Н., Почтарь Д.Ю., Адашевский В.М., Чернобай Г.А. – ВНИПИЭИлеспром, 1983. – Вып. 13, С. 9 – 10.
5. Алабужев П.М. и др. Виброзащитные системы с квазинулевой жесткостью. –Л.: Машиностроение, 1986. – 96 с.
6. Зайцев А.А. Сливинский Е.В. Перспективный амортизатор для АТС / Зайцев А.А., Радин С.Ю. // Автомобильная промышленность. Машиностроение. – 2007. – №9 – С. 26–28.

7. Лазарян В.А. Некоторые современные проблемы динамики транспортных средств. В кн.: Нагруженность, прочность, устойчивость движения механических систем. – К.: Наук. думка, 1980. – С. 3 – 43.

8. Болотин В.В. Случайные колебания упругих систем. – М.: Наука, 1979. – 336 с.

9. Гуляев В.И. и др. Прикладные задачи теории нелинейных колебательных систем. М.: Высшая школа, 1989. – 383 с.

10. Силаев А.А. Спектральная теория поддресоривания транспортных машин. – М.: Машиностроение, 1972. – 192 с.

11. Андрейчиков А.В. Разработка пневматических систем виброизоляции сиденья машиниста локомотива с использованием автоматических методов поискового конструирования. Дис.... канд. техн. наук. – Брянск, 1984. – 293 с.

12. Калиновський А.Я. Визначення пружних характеристик другої ступені ресорного підвішування візка для транспортування небезпечних вантажів із застосуванням коректора жорсткості / Калиновський А.Я., Ларін О.М., Соколовський С.А. // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту: науково-виробничий збірник / АДІ ДонНТУ. – Горлівка, 2012. – № 1(14). – С. 66-69.

А.Я. Калиновский, А.Н. Ларин, В.И. Циолковский, Г.А. Чернобай

Определение параметров пневматических упругих элементов второй ступени ресорного подвешивания тележки для транспортировки взрывоопасных грузов

Рассматривается вопрос определения конструктивных параметров ресорного подвешивания повышенного качества тележки для транспортировки опасных грузов с пневматическими упругими элементами во второй ступени. При использовании в соответствии с условиями нагрузки в предложенной конструкции тележки для транспортировки опасных грузов четырех пневматических упругих элементов, которые размещены в опорных точках грузовой платформы и состоят из резинокордных оболочек и дополнительных резервуаров, соответствующее качество подвешивания обеспечивается, как упругими характеристиками самих пневматических элементов, так и двумя корректорами жесткости.

Ключевые слова: система ресорного подвешивания, пневматический упругий элемент, корректор жесткости.

A.Ya. Kalinovskiy, A.N. Larin, V.I. Tsiolkovsky, G.A. Chernobay

Defining the parameters of air springs of the second stage suspension spring of trolleys for transporting explosive cargo

The paper deals with the determination of the design parameters of high quality suspension of trolley which is used for the dangerous goods transportation. The trolley suspension has two levels. The second level is non-linear and realize vibro-isolation of the goods, which are transported. Pneumatic elastic elements are proposed to be used as a base springs at the four corners of second level of suspension. These elements are proposed to be made from the reinforced rubber shells and should be used together with additional reservoirs.

Keywords: spring suspension system, pneumatic elastic elements, stiffness correctors.