

одним составом студентов, а другую с другим. Это должно способствовать развитию самостоятельности и мобильности. Пример одного из студентов показывает, что возможно даже совмещение с работой (например, работа до 12.00, а учеба с 13.00 и до позднего вечера);

4) материал предоставляется в рамках учебных дисциплин блоками по 4-ре часа.

Материалы исследования могут быть использованы для разработки образовательных программ для специальности «транспортные технологии», а также программ, которые связаны с транспортом и логистикой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горяинов А.Н. Вхождение специальности «Транспортные технологии» в образовательное интернет-пространство логистической направленности / А.Н. Горяинов // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. – Харків: ХНТУСГ ім. П.Василенка, 2017. – №9. – С.78-95 (107с.) <http://bit.ly/Article-192-2017-Goryainov>

2. The MSc programme in Transport and Logistics https://www.dtu.dk/english/education/msc/programmes/transport_and_logistics - 28.03.2019

3. Thesis proposals in Transport and Logistics 2016-2017 - https://www.dtu.dk/english/education/msc/programmes/transport_and_logistics#study-programme - 01.04.2019

4. Горяинов А.Н. Опыт использования языка программирования R при решении задач городской логистики (обзор курса Sustainable urban freight transport) [Электронный ресурс] // Проблеми підготовки професійних кадрів з логістики в умовах глобального конкурентного середовища: XV МНПК 26-27 жовтня 2018 р. Зб. доп. / Відп. ред. М.Ю. Григорак, Л.В. Савченко. - К.: Сік Груп Україна, 2018. – С.69-71 (272 с.) - <http://bit.ly/Article-212-2018-Goryainov>

5. MSc in Transportation and Logistics - <https://sdb.dtu.dk/2018/35/715> 28.03.2019

УДК 629.015:625.72

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЗАДНЬОЇ ПІДВІСКИ ГІБРИДИЗОВАНОГО АВТОМОБІЛЯ

В.В. Проців¹, Т.П. Бас², О.С. Черниш³

¹доктор технічних наук, професор кафедри технологій гірничого машинобудування, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: protsiv@ukr.net

²аспірант кафедри технологій гірничого машинобудування, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: bastp2017@gmail.com

³викладач, Дніпровський транспортно-економічний коледж, м. Дніпро, Україна

Анотація. Пропонується математична модель задньої підвіски гібридизованого автомобіля, яка дозволяє розраховувати динамічні властивості підвіски та підбирати необхідні агрегати для її модернізації.

Ключові слова: підвіска, гібридизований автомобіль, математична модель.

MATHEMATICAL MODEL OF THE REAR SUSPENSION HYBRIDIZED VEHICLE

Vladimir Protsiv¹, Tatiana Bas², Aleksandr Chernysh³

¹Ph.D., Professor of the Department of Technology of Mining Engineering, National Technical University 'Dnipro Polytechnic', Dnipro, Ukraine, e-mail: protsiv@ukr.net

²Postgraduate student of the Department of Technology of Mining Engineering, National Technical University 'Dnipro Polytechnic', Dnipro, Ukraine, e-mail: bastp2017@gmail.com

³lecturer, Dniprovsky Transport and Economical College, Dnipro, Ukraine

Abstract. The mathematical model of the rear suspension of a hybridized vehicle which allows you to calculate the dynamic properties of the suspension and select the necessary units for its modernization is proposed.

Keywords: suspension, hybridized car, mathematical model.

Вступ. Автомобіль є масовим і найбільш поширеним транспортним засобом і, водночас, одним з головних джерел забруднення навколишнього середовища. Затрати на паливо складають значну частку сукупних витрат середньої родини, у власності якої є автомобіль. Ефективність підприємств, основною сферою діяльності яких є транспорті послуги, також суттєво залежить від витрат на паливо. Таким чином, навіть невелике скорочення споживання палива транспортними засобами суттєво поліпшує економічні показники підприємств та окремих громадян.

Між тим, технологія традиційних автомобілів на основі двигунів внутрішнього згоряння розвинута, фактично, до свого насичення. Сучасний ДВЗ має коефіцієнт корисної дії на рівні 25-35%, що знаходиться в зоні теоретичного максимуму. Подальше удосконалення не може призвести до суттєвого збільшення ККД. Водночас, використання електричного транспортного засобу є економічно невиправданим. Це обумовлено відсутністю інфраструктури з заряджання акумуляторів, і, власне, самих акумуляторів достатньої ємності[1].

Отже, вирішення економічних і екологічних питань в галузі автомобільного транспорту вимагає принципово нового підходу. А саме, використання комбінованої силової установки (гібридного приводу) є одним із рішень даної проблеми [2].

Переобладнання серійного автомобіля в гібридний шляхом установки мотор – коліс, контролерів і системи керування електроприводу, а також елементів живлення призводить до збільшення маси задньої підвіски автомобіля, що суттєво впливає на параметри стійкості та керованості транспор-

тного засобу. Тому розробка ефективного методу, який дозволяв би розраховувати динамічні властивості підвіски гібридизованого автомобіля є необхідною і важливою.

Мета роботи. Створити математичну модель для вивчення поведінки задньої підвіски гібридизованого автомобіля і визначення її раціональних параметрів.

Матеріали і результати досліджень. Для опису руху задньої підвіски гібридизованого автомобіля (мається на увазі вертикальні та поперечно – кутові коливання системи) використовуємо рівняння Лагранжа:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial W_k}{\partial \dot{\xi}_i} \right) - \frac{\partial W_k}{\partial \xi_i} + \frac{\partial W_n}{\partial \xi_i} + \frac{\partial \Phi}{\partial \xi_i} = Q_i, \quad (1)$$

де W_k , W_n - кінетична і потенційна енергії відповідно; Φ - дисипативна функція; ξ_i - узагальнені координати; Q_i - узагальнена сила, що відповідає i -й узагальненій координаті.

Динамічна схема системи, що розглядається, наведена на рисунку 1.

Необхідні складові рівнянь вертикальних та поперечно – кутових коливань системи отримуємо з виразів (2 – 4), що визначають кінетичну, потенційну енергії і дисипативну функцію:

$$W_k = \frac{m_1 \dot{z}_1^2}{2} + \frac{m_2 \dot{z}_2^2}{2} + \frac{I_1 \dot{\varphi}_1^2}{2} + \frac{I_2 \dot{\varphi}_2^2}{2} \quad (2)$$

$$W_n = \frac{C_p}{2} \left(z_1 - z_2 + \frac{l_1}{2} \varphi_1 - \frac{l_2}{2} \varphi_2 \right)^2 + \frac{C_p}{2} \left(z_1 - z_2 - \frac{l_1}{2} \varphi_1 + \frac{l_2}{2} \varphi_2 \right)^2 + \frac{C_{ш}}{2} \left(z_2 - z_{31} + \frac{l_2}{2} \varphi_2 \right)^2 + \frac{C_{ш}}{2} \left(z_2 - z_{32} - \frac{l_2}{2} \varphi_2 \right)^2; \quad (3)$$

$$\Phi = \frac{\mu_a}{2} \left(\dot{z}_1 - \dot{z}_2 + \frac{l_1}{2} \dot{\varphi}_1 - \frac{l_2}{2} \dot{\varphi}_2 \right)^2 + \frac{\mu_a}{2} \left(\dot{z}_1 - \dot{z}_2 - \frac{l_1}{2} \dot{\varphi}_1 + \frac{l_2}{2} \dot{\varphi}_2 \right)^2 + \frac{\mu_{ш}}{2} \left(\dot{z}_2 + \frac{l_2}{2} \dot{\varphi}_2 \right)^2 + \frac{\mu_{ш}}{2} \left(\dot{z}_2 - \frac{l_2}{2} \dot{\varphi}_2 \right)^2. \quad (4)$$

В цих рівняннях позначено: m_1 - підресорена маса; m_2 - непідресорена маса; C_p , $C_{ш}$ - коефіцієнти жорсткості ресори та шини відповідно; μ_a , $\mu_{ш}$ - коефіцієнти дисипації амортизатора та шини відповідно; φ_1 , φ_2 - кути поворотів підресореної і непідресореної мас відносно центрів маги відповідно; z_1 - вертикальні переміщення підресореної маси; z_2 - вертикальні переміщення непідресореної маси; z_{31} , z_{32} - висоти профілю дороги під лівим і правим колесами відповідно; l_1 - відстань між стійками; l_2 - колія (відстань між колесами).

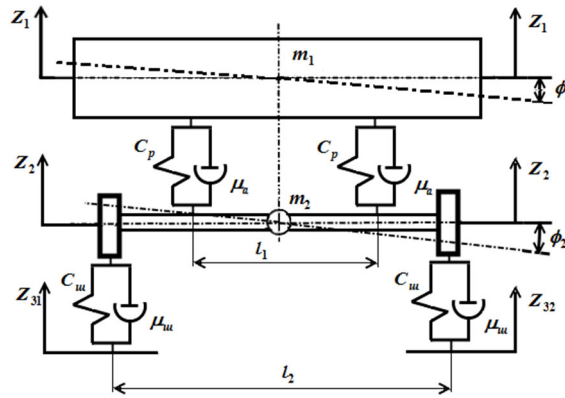


Рисунок 1 - Динамічна схема задньої підвіски гібридизованого

Диференціюючи вирази (2 – 4) за змінними z_1, z_2, ϕ_1 та ϕ_2 і підставляючи отримані похідні в рівняння (5) отримуємо систему диференціальних рівнянь (5), що описують рух задньої підвіски гібридизованого автомобіля.

$$\left. \begin{aligned} m_1 \ddot{z}_1 + 2C_p(z_1 - z_2) + 2\mu_a(\dot{z}_1 - \dot{z}_2) &= 0; \\ m_2 \ddot{z}_2 + C_w(z_2 - z_{31}) + C_w(z_2 - z_{32}) + 2\mu_w \dot{z}_2 &= 2C_p(z_1 - z_2) + 2\mu_a(\dot{z}_1 - \dot{z}_2); \\ I_1 \ddot{\phi}_1 + C_p \frac{l_1}{2}(\phi_1 l_1 - \phi_2 l_2) + \mu_a \frac{l_1}{2}(\dot{\phi}_1 l_1 - \dot{\phi}_2 l_2) &= 0; \\ I_2 \ddot{\phi}_2 + C_w \frac{l_2^2 \phi_2}{2} + \mu_w \frac{l_2^2 \dot{\phi}_2}{2} &= C_p \frac{l_2}{2}(\phi_1 l_1 - \phi_2 l_2) + \mu_a \frac{l_2}{2}(\dot{\phi}_1 l_1 - \dot{\phi}_2 l_2). \end{aligned} \right\} (5)$$

Розв’язання отриманої системи дозволяє визначити параметри стійок задньої підвіски гібридизованого автомобіля і покращити його динамічні властивості.

Висновок. Розроблена математична модель задньої підвіски гібридизованого автомобіля дозволяє визначити її раціональні параметри та підібрати необхідні агрегати для її модернізації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ehsani M., Gao Y., Emadi A. (2010) Modern electric, hybrid electric and fuel cell vehicles: fundamentals, theory and design. Second edition. ©CRC Press Taylor&Francis Group – 558 p.
2. Hasser H. (2014) Vehicle Dynamics Conversion into Power (Dynapower): AASRI Conference on Power end Energy Systems, pp 32-37.