

(макс) знижується з 134.0 до 118.6 км/год, що становить зменшення на 11.5%. Можливе прийняття імовірності виконання експлуатаційних умов руху на рівні 0.95, що дозволяє знизити потужність ГСУ на 12-15%, а отже її вартість, без критичного погіршення експлуатаційних характеристик.

Висновки. Встановлено, що найкращі тягово-швидкісні властивості забезпечує режим одночасної роботи ДВЗ та ЕД на максимальній потужності: час розгону на 400 м становить 28.5 с, на 1000 м – 52.3 с, максимальна швидкість – 134.0 км/год. Режим роботи тільки на електродвигуні показав гірші динамічні характеристики через обмежену потужність, але забезпечує нульові викиди в міських умовах. Визначено раціональне значення імовірності виконання експлуатаційних умов руху 0.95, що дозволяє оптимізувати потужність ГСУ та знизити її вартість на 12-15% без критичного погіршення експлуатаційних показників. Результати дослідження можуть бути використані для проектування та оптимізації параметрів гібридних транспортних засобів.

### Література

1. Aulin, V., Rogovskii, I., Lyashuk, O., Titova, L., Hrynkiv, A., Mironov, D., Volianskyi, M., Rogatynskyi, R., Solomka, O., Lysenko, S. (2024). Comprehensive assessment of technical condition of vehicles during operation based on Harrington's desirability function. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (3 (127)), 37–46.
2. Aulin V., Liashuk O., Mironov D., Staliński P., Rutkowski M., Lysenko S. Management-oriented assessment of transport service quality using logistics monitoring system and Harrington's desirability function in support of SDG 9. *Sustainability*. 2025. Vol. 17, no. 17. P. 7837.
3. О.Л. Ляшук, Д.В. Міронов, А.П. Луцик. Математичне моделювання гібридного транспортного засобу з послідовною конфігурацією силової установки. *Матеріали XVIII міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту»*, 20-22 жовтня 2025 року: збірник наукових праць / Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет [та інш.]. – Вінниця: ВНТУ, 2025, с. 279-282.
4. Cheng R., Dong Z. Modeling and simulation of plug-in hybrid electric powertrain system for different vehicular application. *2015 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC): proceedings*. IEEE, 2015.

УДК 629.113

**О.Л. Ляшук д.т.н.; Р.В. Хорошун, д.ф.н.; Ю.Б. Дубовий ; Д.Л. Клопотівський**  
Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, Україна

### **КУТОВІ КОЛИВАННЯ КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ІЗ НЕЛІНІЙНОЮ СИЛОВОЮ ХАРАКТЕРИСТИКОЮ СИСТЕМИ ПІДРЕСОРЮВАННЯ**

**O. Lyashuk, R. Khoroshun; Y. Duboviy; D. Klopotovskiy**  
**ANGULAR OSCILLATION OF WHEELED VEHICLES WITH NON-LINEAR  
POWER CHARACTERISTICS OF ABSORBER SYSTEM**

До колісних транспортних засобів малої та середньої вантажності, що експлуатуються за значних швидкостей та у складних умовах руху пересіченою місцевістю ставляться значно жорсткіші вимоги щодо їх експлуатаційних характеристик. Система підвіски таких транспортних засобів із лінійним або близьким до нього законом зміни відновлюючої сили не тільки не захищає від значних перевантажень (в т.ч.

миттєвих), але й призводить до значної втоми водія чи людей при довготривалих перевезеннях.

Експериментальні та окремі теоретичні дослідження вказують на те, що характеристика пружної сили, яка діє на підресорену масу, повинна задовольняти певним умовам - бути малою для незначних деформацій амортизаторів і стрімко зростати при значних. Таким вимогам задовольняє підвіска із нелінійним зв'язком між відновлювальною силою та деформацією [1] (прогресивна силова характеристика системи підресорювання (СП). Дослідження [2-3], які стосуються кутових коливань КТЗ за прогресивного закону зміни пружної характеристики СП вказують на їх принципову різницю у порівнянні із коливаннями підресорна частина (ПЧ) за лінійної характеристики СП. За розрахункову модель приймається плоска система, яка зображена на рис. 1.

Зважаючи на вказані припущення, у випадку поздовжньо - кутових коливань мають справджуватись умови:  $c_2 = a/bc_1$ ,  $(c_1 + c_2)\Delta_{st}^{v+1} = \bar{P}$ , де  $\bar{P}$  - вага ПМ КТЗ,  $\Delta_{st}$  - статична деформація пружних амортизаторів.

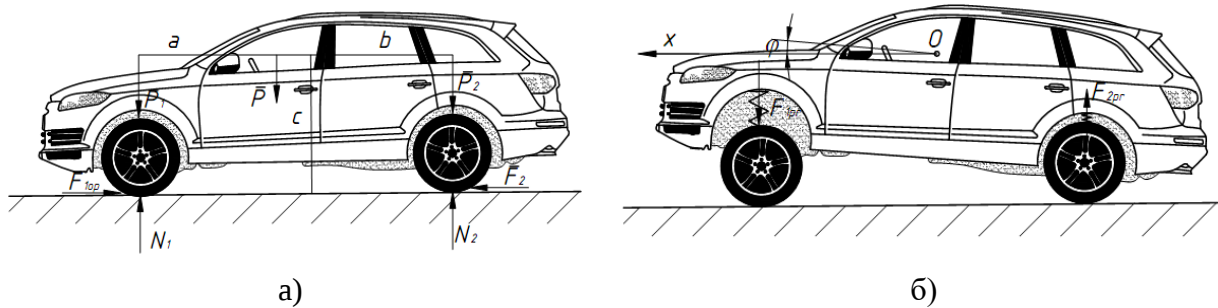


Рисунок 1. Розрахункова модель  
а) загальний вигляд; б) розподіл зовнішніх сил, які діють на КТЗСП

Для розв'язання поставленої задачі використаємо диференціальне рівняння поздовжньо – кутових коливань ПМ КТЗСП

$$I_o \ddot{\phi} = -a(F_{1pr} + R_{1op}) - b(F_{2pr} + R_{2op}), \quad (1)$$

де  $I_o$  - момент інерції ПЧ відносно горизонтальної осі, яка проходить через центр ваги і перпендикулярна до вектора швидкості переносного руху КТЗ, тобто,  $I_o = P/(3g)(a^2 + b^2 + c^2/4)$ ,  $\phi(t)$  - відхилення в довільний момент часу від рівноважного положення ПМ. Диференціальне рівняння (1) записати у вигляді

$$I_o \ddot{\phi} + (c_1 a^{v+2} + c_2 b^{v+2}) \phi^{v+1} = (\nu+1) \Delta_{st} (c_1 a^{v+1} - c_2 b^{v+1}) \phi^v - [\alpha_1 a^{s+2} + \alpha_2 b^{s+2}] \phi^{s+1}. \quad (2)$$

Якщо врахувати, що для СП із лінійною характеристикою відновлюючої сили ( $\nu=0$ ) максимальне значення вказаної величини рівне  $\bar{w}_l = 3gd\alpha_\phi (a^2 + \kappa b^2) / ((1+\kappa)(a^2 + b^2 + c^2/4)\Delta_{st})$ , то для порівняльної оцінки впливу нелінійної характеристики СП на перевантаження за розглядуваних коливань, отримаємо залежність і побудовані графічні залежності (рис. 2).

$$\eta = \frac{\bar{w}}{\bar{w}_l} = \frac{(a^{v+2} + \kappa b^{v+2}) \left( \frac{\alpha_\phi}{\Delta_{st}} \right)^v}{(a^2 + \kappa b^2)}, \quad (3)$$

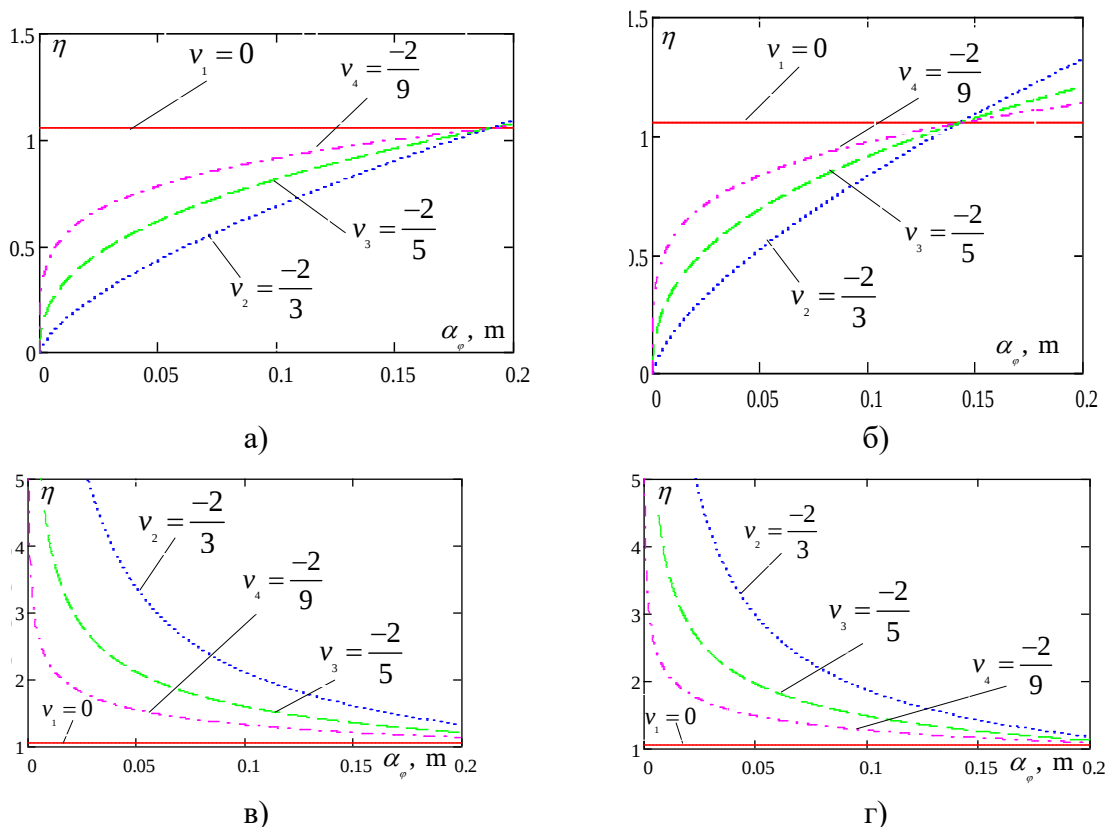


Рисунок 2. Залежність коефіцієнта  $\eta$  від амплітуди кутових коливань ПЧ прогресивним (а, б) та регресивним (в, г)

### Література

1. Кузьо І.В. Вплив параметрів підвіски на нелінійні коливання транспортних засобів / І.В. Кузьо, Б.І. Сокіл, В.М. Палюх // Вісник НУ “ЛП” “Динаміка, міцність та проектування машин і приладів”. 2007. №588 С. 49-52.
2. Грубель М.Г., Нанівський Р.А., Сокіл М.Б. Вплив відновлювальної сили пружної підвіски на коливання та стійкість руху колісних транспортних засобів. *Перспективи розвитку озброєння і військової техніки СВ: тези доповідей Міжнародної НТК*. Львів: АСВ, 2014. С. 35.
3. Грубель М.Г. Вертикальні коливання підресореної частини колісних транспортних засобів під дією випадкових збурень / М.Г. Грубель, О.П. Красюк, Р.А. Нанівський, М.Б. Сокіл // Наукові нотатки НТК. – Луцьк, 2014. – Вип. 46. – С. 112–116.

УДК 621.9.62

**О.Л. Ляшук; І.Б. Гевко; М.І. Михайлецький; В.Я. Поліян**

(Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, Україна)

### ПРИСТРІЙ ДЛЯ РОЗТОЧУВАННЯ ПОЯСКІВ У БЛОКАХ ЦИЛІНДРІВ

**O.L. Lyashuk; I.B. Gevko; M.I. Mykhayletsky; V.Ya. Poliyan**

### DEVICE FOR BORING BELTS IN CYLINDER BLOCKS

Пристрій для розточування ущільнюючих циліндричних поясків під гільзи блоків циліндрів (рис.1) виконано у вигляді шліцевого штока, який по посадці ковзання встановлений в центральний шліцевий отвір циліндричного корпусу з можливістю осевого і кругового переміщення, нижній кінець якого виконано конусної форми. По