

УДК 629.027

Ніколайчук В.М., к.т.н., доцент, Тимейчук О.Ю., к.т.н., доцент,  
Ніколайчук В.В., викладач (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

## МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ЗВЕДЕНОЇ ЖОРСТКОСТІ ПІДВІСКИ З РЕГУЛЬОВАНОЮ ЖОРСТКІСТЮ

Розроблена методика визначення зведеної жорсткості підвіски з регульованою жорсткістю. Наведені графіки у безрозмірних параметрах для визначення зведеної жорсткості в залежності від кутів закручення пружин.

**Developed method of determination of the taken inflexibility of pendant with the regulated inflexibility. Resulted graphs in dimensionless parameters for determination of the taken inflexibility in dependence here corners of twirling of springs.**

При русі транспортних засобів по нерівних дорогах викликаються коливання, які чинять шкідливі дії на водія, пасажирів і вантажі, погіршують умови роботи агрегатів і вузлів, руйнують дорожні покриття.

Розв'язання питання руху транспортних засобів по нерівностях, що мають розміри однакового порядку з розмірами коліс, потребує детального аналізу роботи амортизаційних систем.

Відомо [1], [2], [3], що для роботи машин в складних умовах доцільно застосовувати підвіски змінної жорсткості. Основні типи таких підвісок, їх переваги та недоліки розглянуті в [4].

Авторами розроблена методика визначення зведеної жорсткості удосконаленої конструкції підвіски, жорсткість якої може змінюватися у відносно широких межах [5].

Зміна жорсткості підвіски виконується шляхом постановки на вал пружин кручення, попередньо навантажених крутним моментом.

При динамічних розрахунках систем підресорювання машин використовуються математичні вирази пружної характеристики підвіски:

функція  $F = f(h)$  і похідна від неї  $C_n = \frac{dF}{dh}$ .

Розглянемо схему підвіски, пружними елементами якої є профільний вал і пружини кручення (рис. 1). Сила  $F$  виникає в результаті вертикального переміщення важіля колеса. Складемо рівняння моментів відносно осі вала

$$M_m + M_{np} + M_o - F \cdot R \cdot \sin \varphi = 0, \quad (1)$$

$$M_m = C_m(\varphi - \varphi_o) = C_m \cdot \phi_m; \quad M_{np} = z_o \cdot \phi_m; \quad M_o = z_o \cdot \varphi_{n3}, \quad (2)$$

де  $C_m$  – жорсткість торсіона;  $\varphi_o, \varphi$  – кути, які відповідають розвантаженому і навантаженому торсіону;  $z_o$  – жорсткість пружини;  $\varphi_{n3}$  – кут попереднього закручення пружини.

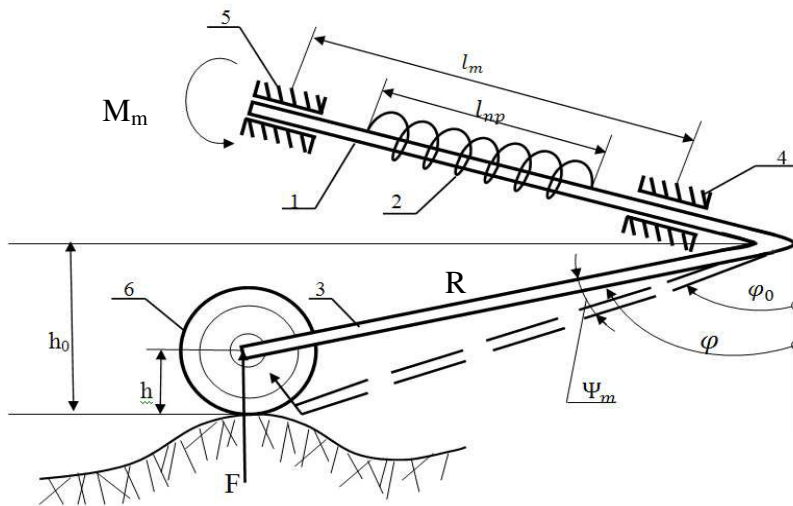


Рис. 1. Розрахункова схема підвіски з регульованою жорсткістю:  
1 – профільний вал, 2 – пружини кручення, 3 – важіль, 4 і 5 – опори, 6 – колесо

З рівняння моментів знайдемо силу опору прикладену до важеля підвіски:

$$F = \frac{1}{R \cdot \sin \varphi} \left[ (C_m + z_o) \cdot \phi_m \mp z_o \cdot \varphi_{n3} \right] \quad (3)$$

Вертикальне переміщення важеля (колеса)

$$h = R(\cos \varphi_o - \cos \varphi).$$

Враховуючи тригонометричні функції

$$\cos \varphi = \frac{h_o - h}{R}, \quad \sin \varphi = \sqrt{1 - \left( \frac{h_o - h}{R} \right)^2},$$

отримаємо вираз для пружної характеристики:

$$F = \frac{1}{R} \cdot \frac{(C_m + z_o) \cdot \left[ \arccos\left(\frac{h_o - h}{R}\right) - \arccos\left(\frac{h_o}{R}\right) \right] \mp z_o \cdot \varphi_{nz}}{\sqrt{1 - \left(\frac{h_o - h}{R}\right)^2}}. \quad (4)$$

Після диференціювання отримаємо вираз для зведеної жорсткості підвіски

$$C_n = \frac{dF}{dh} = \left[ (C_m + z_o) \cdot \left( 1 - \left(\frac{h_o - h}{R}\right) \frac{\arccos\left(\frac{h_o - h}{R}\right) - \arccos\left(\frac{h_o}{R}\right)}{\sqrt{1 - \left(\frac{h_o - h}{R}\right)^2}} \right) \pm \frac{z_o \cdot \varphi_{nz} (h_o - h)}{R \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{h_o - h}{R}\right)^2}} \right] : \left( R^2 \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{h_o - h}{R}\right)^2} \right). \quad (5)$$

Після заміни у формулі (5)  $h$  на  $\varphi$  отримаємо:

$$C_n = \frac{dF}{dh} = \frac{(C_m + z_o) \cdot [1 - (\varphi - \varphi_0) \operatorname{ctg} \varphi \pm z_o \varphi_{ic} \operatorname{ctg} \varphi]}{R^2 \sin^2 \varphi}. \quad (6)$$

У формулах для визначення  $F$  і  $C_n$  верхні знаки відносяться до випадку закручення пружини по ходу її навівання.

Користуючись формулами (3) і (6), будемо графіки безрозмірних параметрів сили опору  $F_{Rc}$  і зведеної жорсткості  $C_{Rc}$  підвіски з регульованою жорсткістю (додаток, рис. 2 і рис. 3).

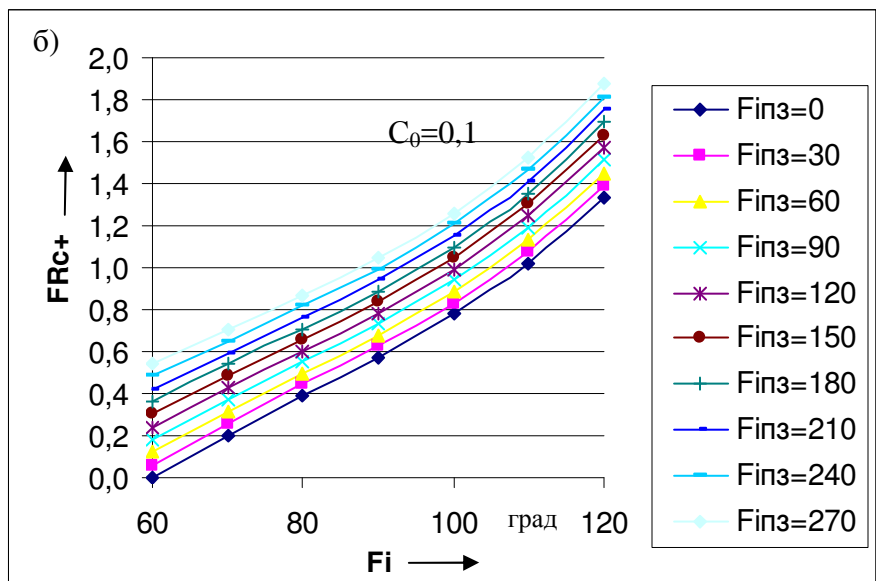
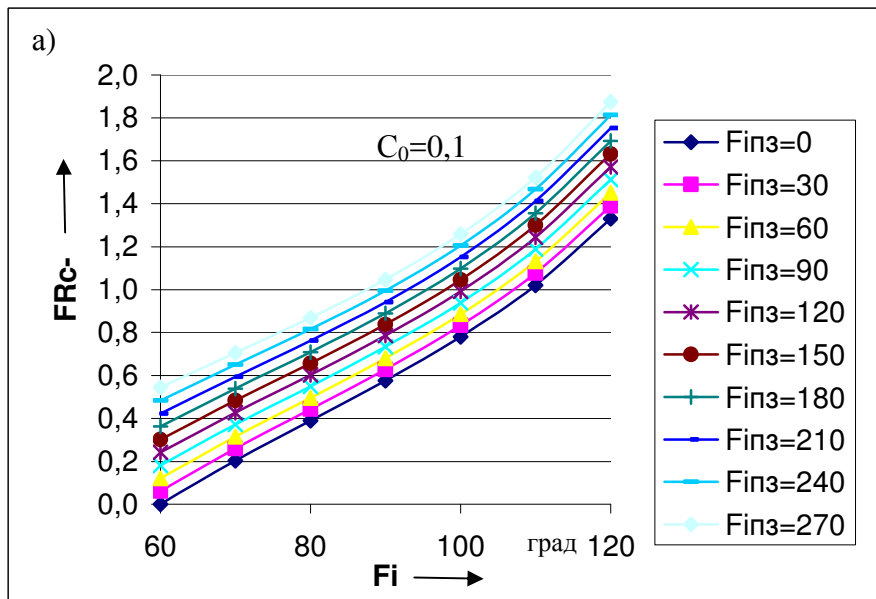
Вихідні дані:  $\varphi_o = 60^\circ$ ;  $\varphi = 60^\circ \dots 120^\circ$ ;  $\Delta\varphi = 10^\circ$ ;  $\varphi_{nz} = 0^\circ \dots 270^\circ$ ;

$\Delta\varphi_{nz} = 30^\circ$ ;  $C_o = 0,1; 0,9$ ; ( $C_o = z_o / C_m$ ).

При заданих значеннях  $C_m$  і  $R$  знайдемо величини  $F$  і  $C_n$  за формулами:

$$F = \frac{C_m}{R} \cdot F_{Rc}, \quad C_n = \frac{C_m}{R^2} \cdot C_{Rc}.$$

Отже, коли задати ряд значень  $C_m$ ,  $R$ ,  $z_o$  і проаналізувати можливі варіанти поєднання пружних елементів підвіски, можна вибрати їх раціональні параметри.



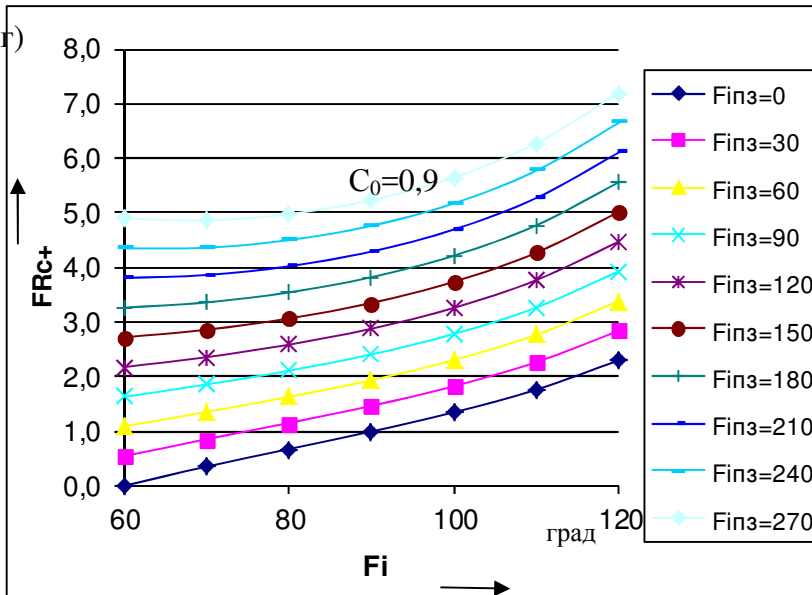
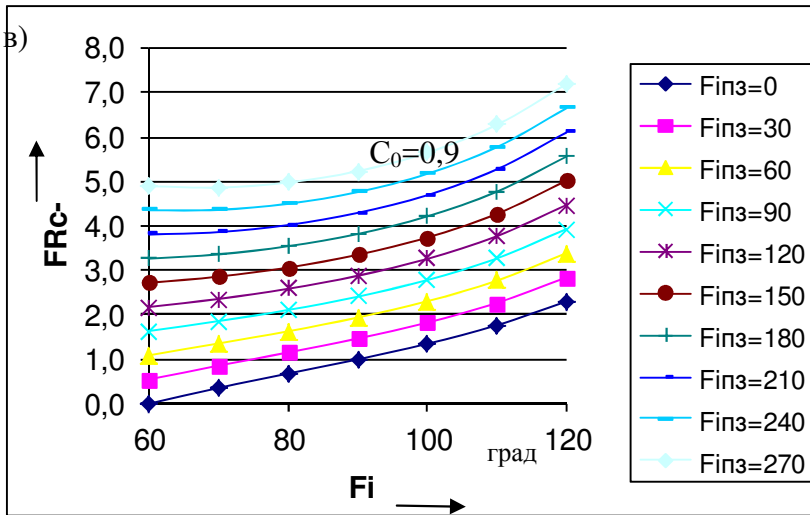
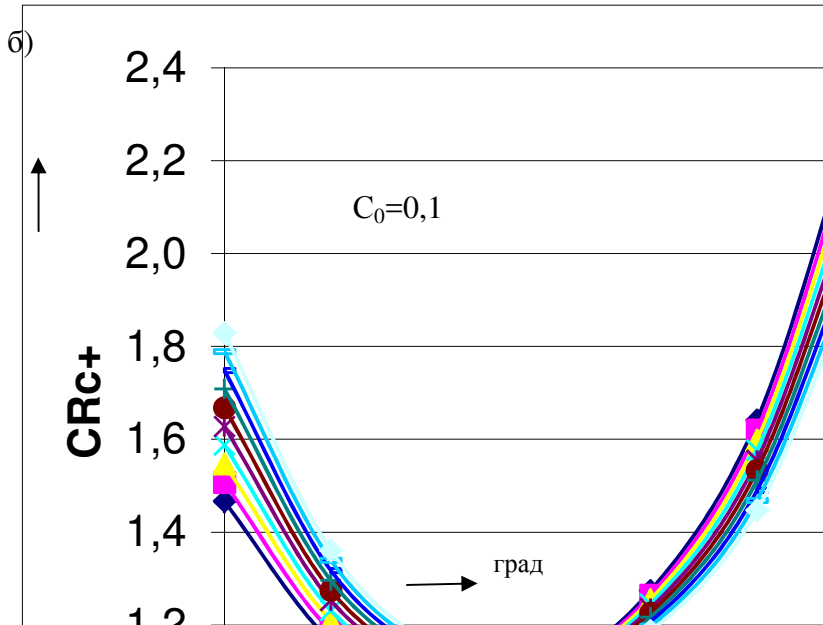
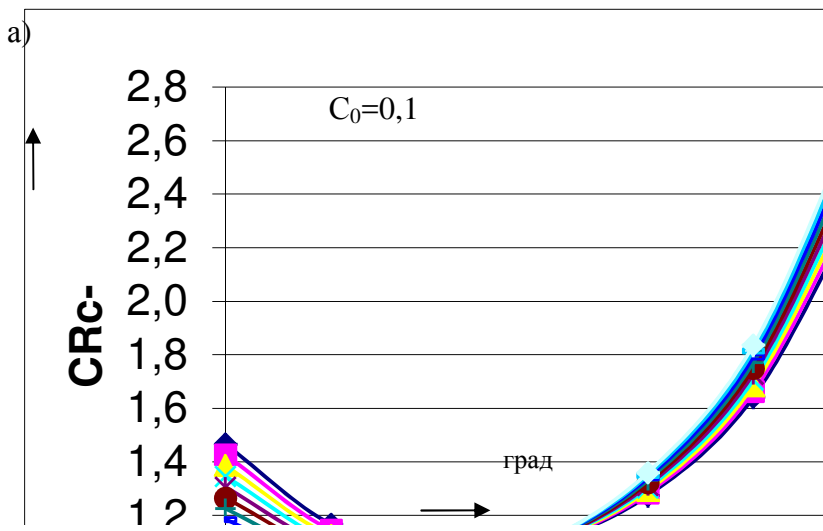


Рис. 2. Графіки безрозмірних параметрів сил опору підвіски з регульованою жорсткістю

1. Раймпель Й. Шасси автомобиля / сокр.пер. с нем. В.П. Агапова; под ред. М.Н. Зверева, – М.: Машиностроение, 1983. – 356 с. 2. Ротенберг Р.В. Подвеска автомобиля. –

Изд. 3-е, переработ. и доп. – М.: Машиностроение, 1972. – 392 с. **3.** Конструирование и расчёт колёсных машин высокой проходимости: учебник для вузов / Н.Ф. Бочаров, И.С. Цитович, А.А. Полугнян и др.; под. общ. ред. Н.Ф. Бочарова, И.С. Цитовича. – М.: Машиностроение, 1983. – 299 с. **4.** Литвинов А.С., Фаробин Я.Е. Автомобиль.



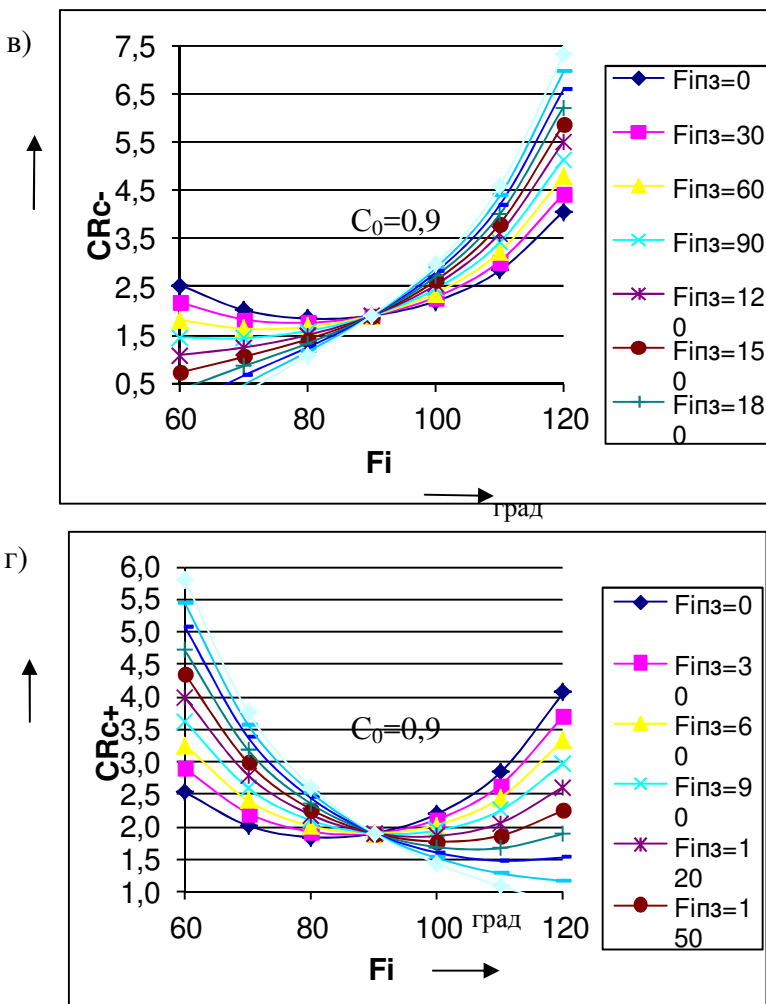


Рис. 3. Графіки безрозмірних параметрів зведеної жорсткості підвіски з регульованою жорсткістю

Теория эксплуатационных свойств. Учебник для вузов по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство». – М.: Машиностроение, 1989. – 240 с. 5. Патент України №4884. Підвіска колеса транспортного засобу /Марчук М.М., Ніколайчук В.М., Ніколайчук В.В., опубл. 15.02.2005. Бюл. №2.

Рецензент: к.т.н., професор Сухарев Е.О. (НУВГП)