

УДК 629.113

Є.Г. Опанасюк, к.т.н., доц.  
Д.Б. Бегерський, аспір.

Житомирський державний технологічний університет

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПРУЖНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ  
ШИН РІЗНИХ КОНСТРУКЦІЙ

(Представлено д.т.н., проф. Грабаром І.Г.)

У статті наведено огляд досліджень пружних характеристик пневматичних шин. Представлено результати експериментальних досліджень залежності радіуса шини від навантажень на неї при одно- і двовісній схемі навантаження для шин різної конструкції. Наведено емпіричні формули, які описують дані залежності.

**Вступ.** Завдання визначення динамічного радіуса пневматичної шини є актуальним, оскільки параметри опорно-зчпної прохідності транспортних засобів пов'язані з динамічним радіусом колеса.

Як відомо [1], коефіцієнти опору коченню та зчеплення визначаються як відношення сили тяжіння, миттєвої або граничноможливої, до нормальної реакції опорної поверхні:

$$f = \frac{P_p}{G_k}; \quad \varphi = \frac{P_{p\max}}{G_k}. \quad (1)$$

У свою чергу, сила тяжіння може бути визначена через крутний момент на колесі та його динамічний радіус:

$$P_p = \frac{M_k}{r_d}. \quad (2)$$

Якщо знехтувати нерівномірністю крутного момента, пов'язану з характеристикою двигуна і трансмісії, і прийняти, що на заданій передачі та при заданому режимі роботи двигуна крутний момент є постійною величиною, то отримаємо: коефіцієнти опору коченню та зчеплення залежать від динамічного радіуса колеса.

У роботі [2] представлено залежності деформацій діагональних шин від тиску повітря в них при номінальному навантаженні на різних опорних поверхнях під дією лише радіального навантаження (рис. 1).

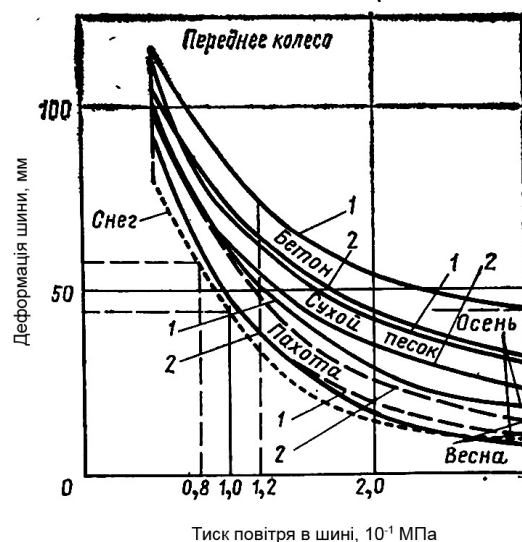


Рис. 1. Залежність деформації шин від тиску повітря в них на різних опорних поверхнях:  
1 – шина 11,00 – 18, 2 – шина 14,00 – 18

У роботі [3] наведено дані експериментальних досліджень пружних характеристик шин при одночасній дії на них радіальної та тангенціальної сил. Дослідження показали, що радіальна жорсткість шини змінюється при прикладенні тангенціальної сили (рис. 2).

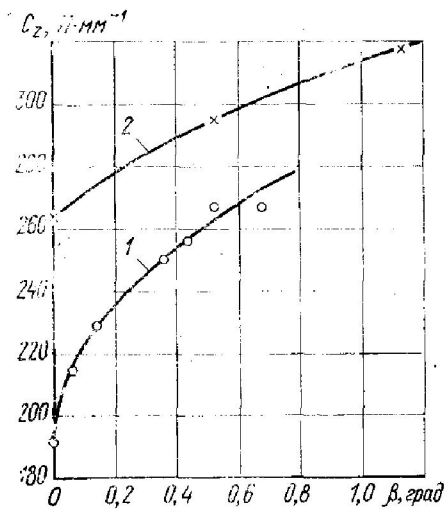


Рис. 2. Залежність радіальної жорсткості шин ИД – 195 (1), Я – 288 (2) від крутильної деформації [3]

Крім того, крутильна пружність шин залежить від вертикального навантаження (рис. 3) [3].

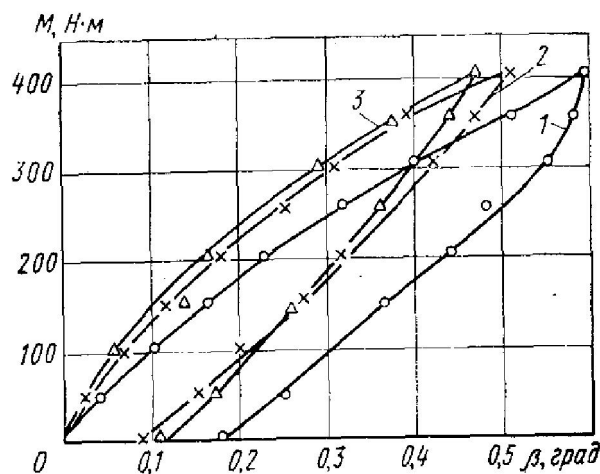


Рис. 3. Характеристики крутильної пружності шини ИД – 195 при різних значеннях вертикального навантаження: 1 – 2,9кН; 2 – 3,9кН; 3 – 4,9кН [3]

**Результати досліджень.** У статті [4] було представлено дані експериментальних досліджень пружних властивостей шини 175/70 R 13 з дорожнім малюнком протектора виробництва “Pirelli”. Для того, щоб можна було стверджувати, що наведені емпіричні формули вірні, необхідно було їх перевірити для шин іншої конструкції. Нами були проведені аналогічні експериментальні дослідження для шини 8,40–15 з малюнком протектора підвищеної прохідності виробництва “Ярославльщина”.

Необхідність таких досліджень очевидна – пружні властивості пневматичної шини впливають на характер і показники її взаємодії з опорною поверхнею. Нами проведено дослідження залежностей радіуса шин від таких параметрів, як радіальне навантаження, тиск повітря в шині, тангенціальне навантаження. Дослідження проведено для таких шин:

– 175/70 R 13 з дорожнім малюнком протектора виробництва “Pirelli” та параметрами:

- максимальний тиск повітря 0,3 МПа;
- максимальне навантаження 4900 Н;

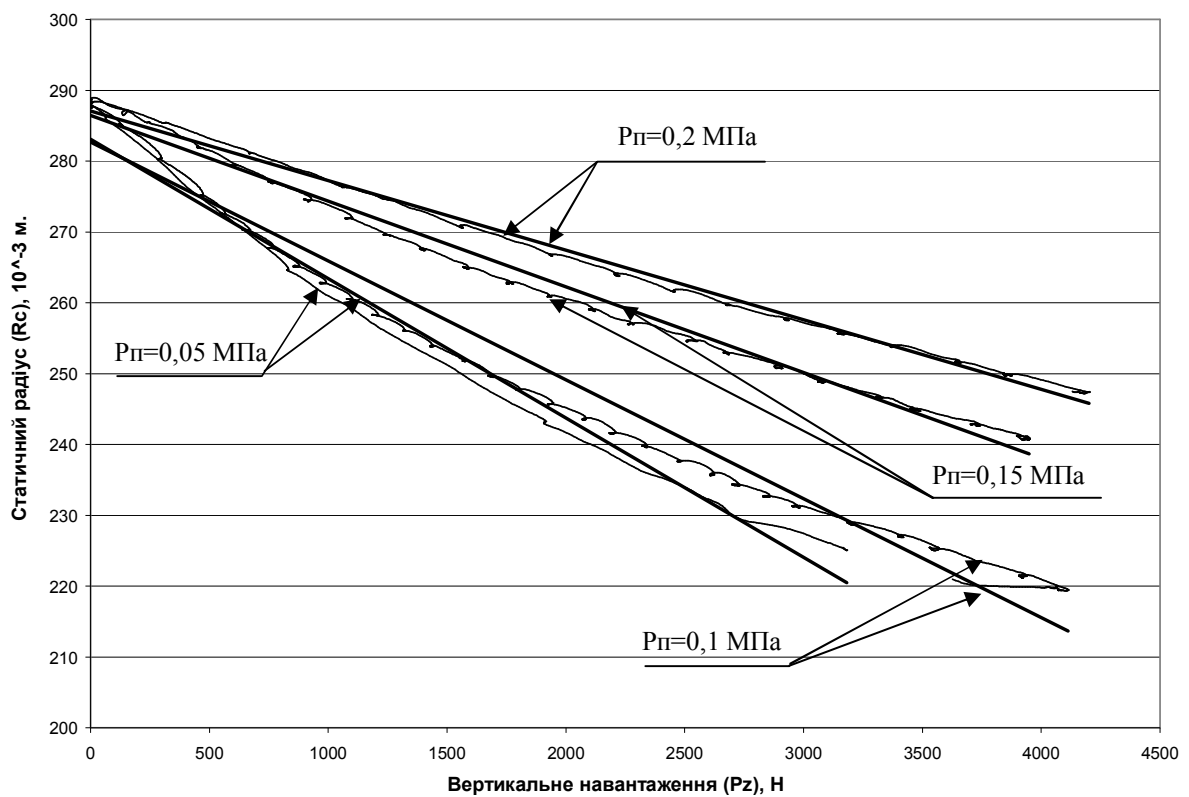
- індекс швидкості  $T - 190$  км/год;
- радіус при номінальному навантаженні та тиску повітря  $0,261$  м;
- вільний радіус  $0,288$  м.

– 8,40–15 з малюнком протектора підвищеної прохідності виробництва “Ярославльщина” та параметрами:

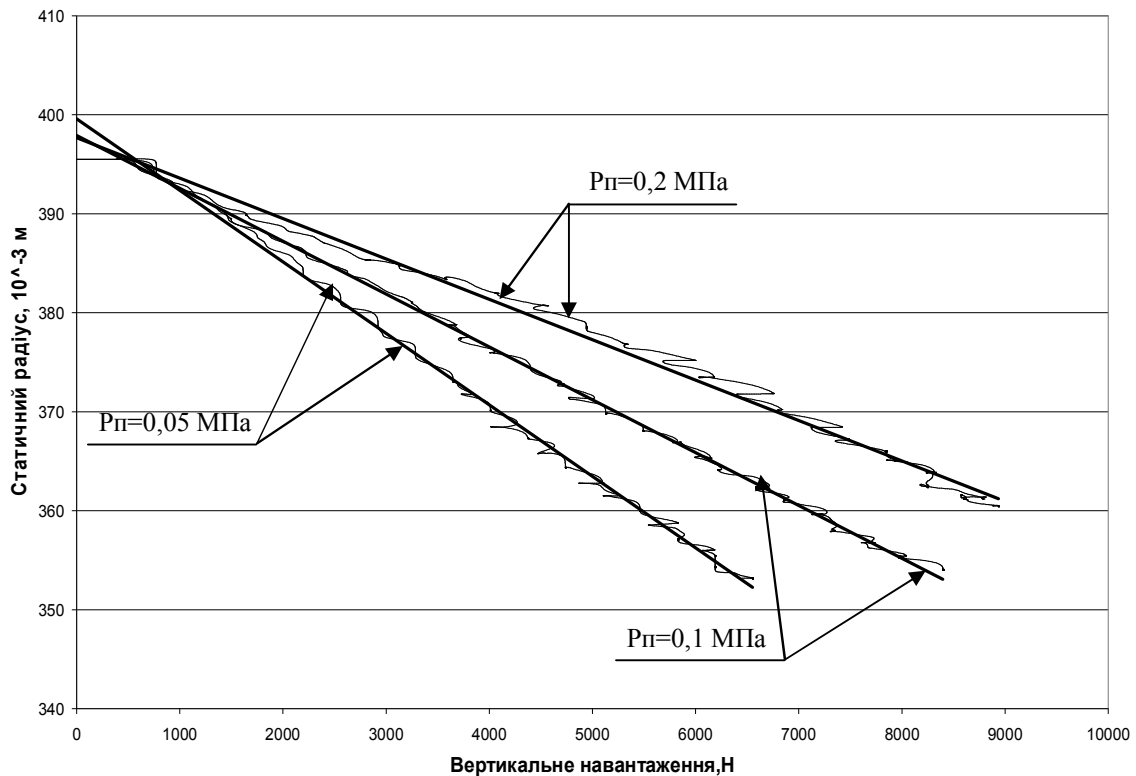
- максимальний тиск повітря  $0,26$  МПа;
- максимальне навантаження  $7750$  Н;
- радіус при номінальному навантаженні та тиску повітря  $0,370$  м;
- вільний радіус  $0,396$  м.

Отримані результати показують, що радіус обох шин змінюється за схожими залежностями. Значні відмінності спостерігаються лише у випадку одночасної дії радіального і тангенціального навантаження і полягають у тому, що для діагональної шини відсутня ділянка, на якій радіус залишається постійним при зміні тангенціального навантаження.

На рис. 4 представлено залежності радіуса обох шин при дії на них лише радіального навантаження та при різних значеннях тиску повітря в шині.



a)



б)

Рис. 4. Залежності радіуса шини 175/70 R 13 (А) та шини 8,40–15 (Б) від радіального навантаження при різних значеннях тиску повітря:  
 ————— – результати апроксимації;  
 ~~~~~ – експериментальні дані

З рис. 4 видно, що для обох шин експериментальні дані достатньо точно апроксимуються спадаючими прямими, які перетинаються з віссю приблизно в одній точці. Тому для випадку дії на шину лише радіального навантаження для обох шин можна записати:

$$R_c = -\frac{1}{C_z} G_k + R_0, \tag{3}$$

де  $R_c$  – статичний радіус шини;  $C_z$  – радіальна жорсткість шини.

Як було зазначено вище, при одночасній дії радіального і тангенціального навантаження спостерігаються відмінності у залежності радіуса шин від тангенціального навантаження (рис. 5).

У статті [4] було показано, що залежність статичного радіуса шини 175/70 R 13 від тангенціального навантаження при двовісному навантаженні може бути описана системою рівнянь:

$$\begin{cases} 0 \leq P_x \leq P_x^* \\ R_c = -\frac{1}{C_z} G_k + R_0 \\ P_x \geq P_x^* \\ R_c = \frac{1}{C_x} P_x - \frac{1}{C_z} G_k + R_0 \end{cases}, \tag{4}$$

де  $P_x$  – тангенціальна сила;  $P_x^*$  – критичне значення тангенціальної сили, після якого починається зростання радіуса;  $C_x$  – тангенціальна жорсткість шини.

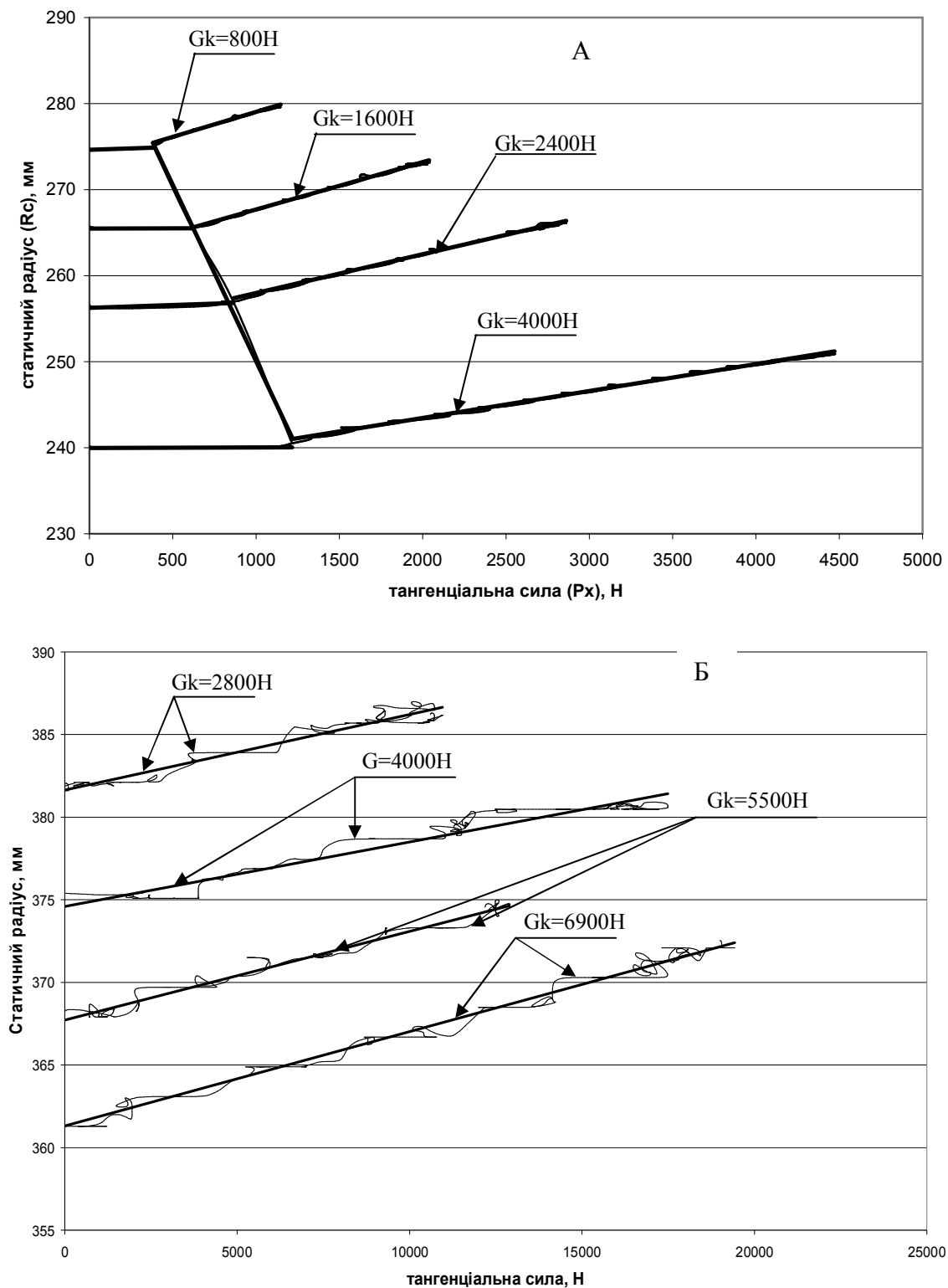


Рис. 5. Залежності радіуса шин 175/70 R 13 (А) та 8,40-15 (Б) при одночасній дії радіального та тангенціального навантаження (тиск повітря в обох шинах 0,15 Мпа)

— — результати апроксимації;  
 ~ ~ експериментальні дані

Для діагональної шини 8,40–15 відсутня ділянка, на якій радіус залишається постійним, тому для неї залежність радіуса від тангенціальної сили при двовісному навантаженні може бути записана у спрощеному вигляді:

$$R_c = \frac{1}{C_x} P_x - \frac{1}{C_z} G_k + R_0. \quad (5)$$

Таку різницю між закономірностями зміни радіуса від тангенціальної сили при двовісному навантаженні можна пояснити лише різною конструкцією шин (одна – радіальна, інша – діагональна) та різним малюнком протектора.

#### Висновки:

1. Визначено залежності коефіцієнтів опору кочення та зчеплення від радіуса шини.
2. Встановлено залежності радіуса шин різної конструкції від радіальної і тангенціальної сили при одно- і двовісному навантаженні.
3. Визначено емпіричні залежності для обох шин, які з достатньою точністю описують дані залежності. Коефіцієнт кореляції в обох випадках не нижчий за 0,925.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Кошарний М.Ф. Основи механіки та енергетики автомобіля: Навч. посібник. – Житомир: РВВ ЖІТІ, 1998. – 200 с.
2. Работа автомобильной шины / Под ред. В.И. Кнороза. – М.: Транспорт, 1976. – 238 с.
3. Енаев А.А., Глазырин Ю.М., Шалдыкин В.П., Яценко Н.Н. Упругость и демпфирование шин при совместном радиальном и тангенциальном нагружении // Автомобильная промышленность. – № 7. – 1982.
4. Грабар І.Г., Опанасюк Є.Г., Бегерський Д.Б. Дослідження пружних властивостей пневматичної шини // Вісник ЖДТУ / Технічні науки. – № 1 (44). – 2008. – С. 26–33.

ОПАНАСЮК Євгеній Григорович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів і механіки технічних систем Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- екологія автомобільного транспорту;
- теорія і конструкція автомобілів та двигунів;
- прохідність автомобілів.

БЕГЕРСЬКИЙ Дмитро Богданович – аспірант кафедри автомобілів і механіки технічних систем Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- прохідність автомобілів;
- контактна взаємодія між елементами насипних середовищ.

Подано 03.07.2008

**Опанасюк Е.Г., Бегерский Д.Б.** Сравнительный анализ упругих свойств шин разных конструкций  
**Опанасик Є.Г., Бегерский Д.Б.** Порівняльний аналіз пружних властивостей шин різних конструкцій  
**Opanasjuk E.G., Begersky D.B.** The comparative analysis of elastic properties of trunks of different designs/

УДК 629.113

**Сравнительный анализ упругих свойств шин разных конструкций / Е.Г. Опанасюк, Д.Б. Бегерский**

В статье представлен обзор исследований упругих характеристик пневматических шин. Приведены результаты экспериментальных исследований зависимости радиуса шины от нагрузок при одно- и двухосной схеме нагружения для шин разных конструкций. Представлены эмпирические формулы, которые описывают данные зависимости.

УДК 629.113

**The comparative analysis of elastic properties of trunks of different designs/ E.G.Opanasjuk, D.B.Begersky**

In article the review of researches of elastic characteristics of pneumatic trunks is submitted. Results of experimental researches of dependence of radius of the trunk from loadings are resulted at one and twoaxes to the circuit of loading for trunks of different designs. Empirical formulas which describe the given dependences are submitted.