

УДК 621.941.323.2

**Р.Г. Редько, О.І. Редько, В.В. Шанайда, Р.А. Скларов**  
**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРУЖНО-СИЛОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАТИСКНИХ ЦАНГ,**  
**ВИГОТОВЛЕНИХ ЗА ДІЮЧИМИ ТА НОВИМИ ТЕХНОЛОГІЯМИ**

*Відкориговано формулу згинальної жорсткості пелюстки цанги. При цьому брали до уваги вплив податливості защемлення як циліндричної оболонки при одночасному навантаженні всіх пелюсток і різній кількості розрізів ( $z, \psi_p$ ) та їх ширині ( $t_1, \psi$ ). Запропоновану формулу можна використовувати у всіх залежностях, що визначають силові характеристики, характеристики жорсткості і точності цангових затискних патронів.*

*Ключові слова:* затискна цанга, пелюстка цанги, пружно-силові характеристики, жорсткість пелюстки, защемлення.

*Рис. 3 Табл. 4. Літ. 10.*

**Р.Г. Редько, О.И. Редько, В.В. Шанайда, Р.А. Скларов**  
**ИССЛЕДОВАНИЯ УПРУГО-СИЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАЖИМНЫХ ЦАНГ,**  
**ИЗГОТОВЛЕННЫХ ПО ДЕЙСТВУЮЩИМ И НОВЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ**

*Откорректирована формула изгибной жесткости лепестка цанги. При этом учитывали влияние податливости защемления как цилиндрической оболочки при одновременной нагрузке всех лепестков и разным количестве разрезов ( $z, \psi_p$ ) и их ширине ( $t_1, \psi$ ). Предложенную формулу можно использовать во всех зависимостях, определяющих силовые характеристики, характеристики жесткости и точности цанговых зажимных патронов.*

*Ключевые слова:* зажимная цанга, лепесток цанги, упруго-силовые характеристики, жесткость лепестка, защемление.

**R.G. Redko, O.I. Redko, V.V. Shanayda, R.A. Sklyarov**  
**INVESTIGATION OF ELASTIC - FORCE CHARACTERISTICS COLLET**  
**MANUFACTURED BY EXISTING AND NEW TECHNOLOGIES**

*Corrected formula flexural rigidity collet petals . In this case, taking into account the impact of compliance as a pinched cylindrical shell while loading all the petals and different number of  $z, \psi_p$  and width  $t_1, \psi$  cuts  $z$ . The proposed formula can be used in all the dependencies that determine the power characteristics, characteristics of rigidity and precision collet clamping cartridges.*

*Keywords:* Collet, Petal collet, elastic-strength properties, hardness petals, pinched.

**Постановка проблеми.** Вперше запропонований Ю.М.Кузнецовим [8, 9] підхід до розгляду згинальної жорсткості пелюстки з врахуванням податливості защемлення, що являє собою циліндричну оболонку, наблизив результати розрахунку до експерименту (фактичного значення). Але розгляд навантаженого стану защемлення без впливу навантаження інших пелюсток цанги і їх защемлень занижує значення розрахункової жорсткості при розв'язанні диференційного рівняння пружної лінії пелюстки з податливим защемленням [10].

Для доказу цього порівнюються дві схеми навантаження защемлення:

1. Навантажено першу пелюстку силою  $P$ ; при цьому спрощено її защемлення розглядається як балка на двох опорах із симетричним навантаженням при поперечному згині (рис. 1, а);
2. Навантажено одночасно всі пелюстки силою  $P$ ; при цьому пропонується защемлення пелюстки розглядати як балку на двох опорах із симетричним навантаженням при поперечно-поперечному згині (додаткові стискаючі сили  $P/2$ ), рис. 1, б.

Із "Опору матеріалів" відомо, що для першої схеми (рис. 1, а) рівняння пружної лінії

$$y_1 = \Delta_1(x) = \frac{Pl^3}{48EI} \left( 3 \frac{x}{l} - 4 \frac{x^3}{l^3} \right), \quad 0 \leq x \leq \frac{l}{2},$$

а прогин в середньому перерізі

$$\Delta_1 = \frac{Pl^3}{48EI}, \quad (1)$$

де  $l$  – відстань між опорами;

$E$  – модуль пружності;

$I$  – момент інерції пелюстки в перерізі защемлення відносно нейтральної осі.

Для другої схеми (рис. 1, б) рівняння пружної лінії:

$$y_2 = \Delta_2(x) = \frac{pl}{2S} \left( \frac{\sin \alpha x}{\alpha l \cos \frac{\alpha l}{2}} - \frac{x}{l} \right), \quad 0 \leq x \leq \frac{l}{2}.$$

При  $S = P/2$

$$y_2 = \Delta_2(x) = l \left( \frac{\sin \alpha x}{\alpha l \cos \frac{\alpha l}{2}} - \frac{x}{l} \right), \quad 0 \leq x \leq \frac{l}{2};$$

а прогин в середньому перерізі:

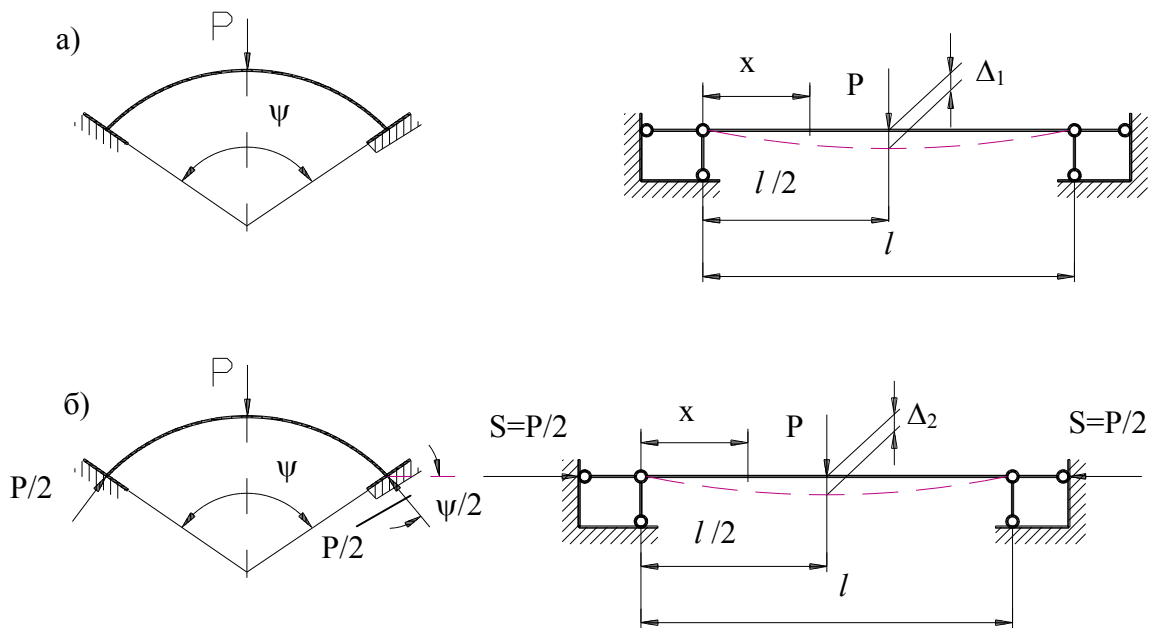


Рис. 1. Порівняння двох схем навантаження пелюстки затискної цанги і її защемлення: а – без врахування впливу навантаження інших пелюсток; б – із врахуванням цього впливу (підхід, що пропонується)

$$\Delta_2 = l \left( \frac{\operatorname{tg} \frac{\alpha l}{2}}{\alpha l} - \frac{1}{2} \right), \quad (2)$$

де  $\alpha = \sqrt{\frac{S}{EI}} = \sqrt{\frac{P}{2EI}}$ ,  $EI = \text{const}$ .

Згинальна жорсткість защемлення:

$$C_{31} = \frac{P}{\Delta_1}, \quad C_{32} = \frac{P}{\Delta_2}.$$

Якщо  $\Delta_2 < \Delta_1$ , то  $C_{32} > C_{31}$ .

Для доказу цього судження розглядається спрощений приклад за умов:  $P=10^3$  Н,  $l = 10^2$  мм,  $E=2 \cdot 10^5$  Н/мм<sup>2</sup>,  $I=10^3$  мм<sup>4</sup>.

Із формули (1)  $\Delta_1=0,104$  мм. Із формули (2) при  $\alpha=0,00158$   $\Delta_2=0,05$  мм. Таким чином, в другому випадку жорсткість защемлення вища.

Залежність для розрахунку згинальної жорсткості пелюстки може бути уточнена із додаткових міркувань і розглядом схеми навантаження, наведеної на рис. 2. В загальному випадку задача зводиться до розв'язку основного диференційного рівняння пружної лінії для малих переміщень при нових граничних умовах [1, 2, 4, 5].

Більш простим підходом до розв'язку цієї задачі є введення поправочних коефіцієнтів в залежності [7]:

$$C_n = \frac{3EI_n}{\xi l_n^3 + I_n \varepsilon l_n (1 + 2\lambda l_n)} \quad (3)$$

із таких міркувань:

1. із збільшенням кількості пелюсток (розрізів  $z$ ) вплив другого доданку в знаменнику залежності  $C_n$  зменшується, тобто зменшується вплив податливості циліндричної оболонки в місці защемлення пелюстки;

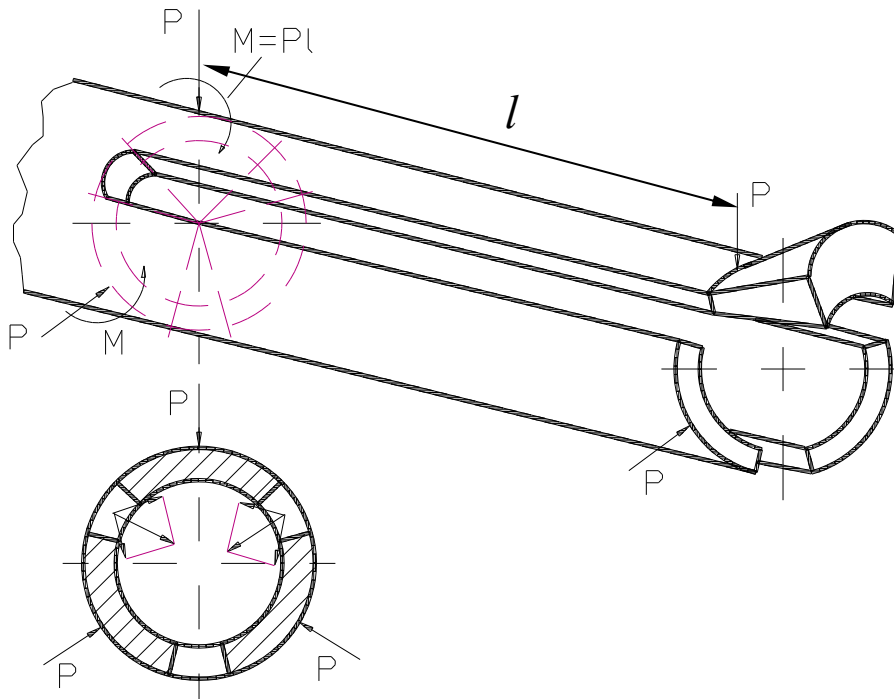


Рис. 2. Запропонована розрахункова схема для визначення жорсткості пелюсток із врахуванням одночасного їх навантаження

- 2) навіть при одній і тій кількості розрізів із збільшенням їх ширини вплив податливості циліндричної оболонки також зменшується, тобто при  $\psi_p = 360^\circ/z$  кут поперечного перерізу пелюстка в кінці розрізки зменшується в залежності:

$$\psi = \frac{360^\circ}{z} - 2 \arcsin \frac{t_1}{R + r},$$

де  $t_1$  – ширина розрізки;

$R$  і  $r$  – зовнішній і внутрішній радіуси перерізу пелюстки.

Напрямки зменшення впливу податливості циліндричної оболонки в місці защемлення пелюстки наведені на рис. 3.

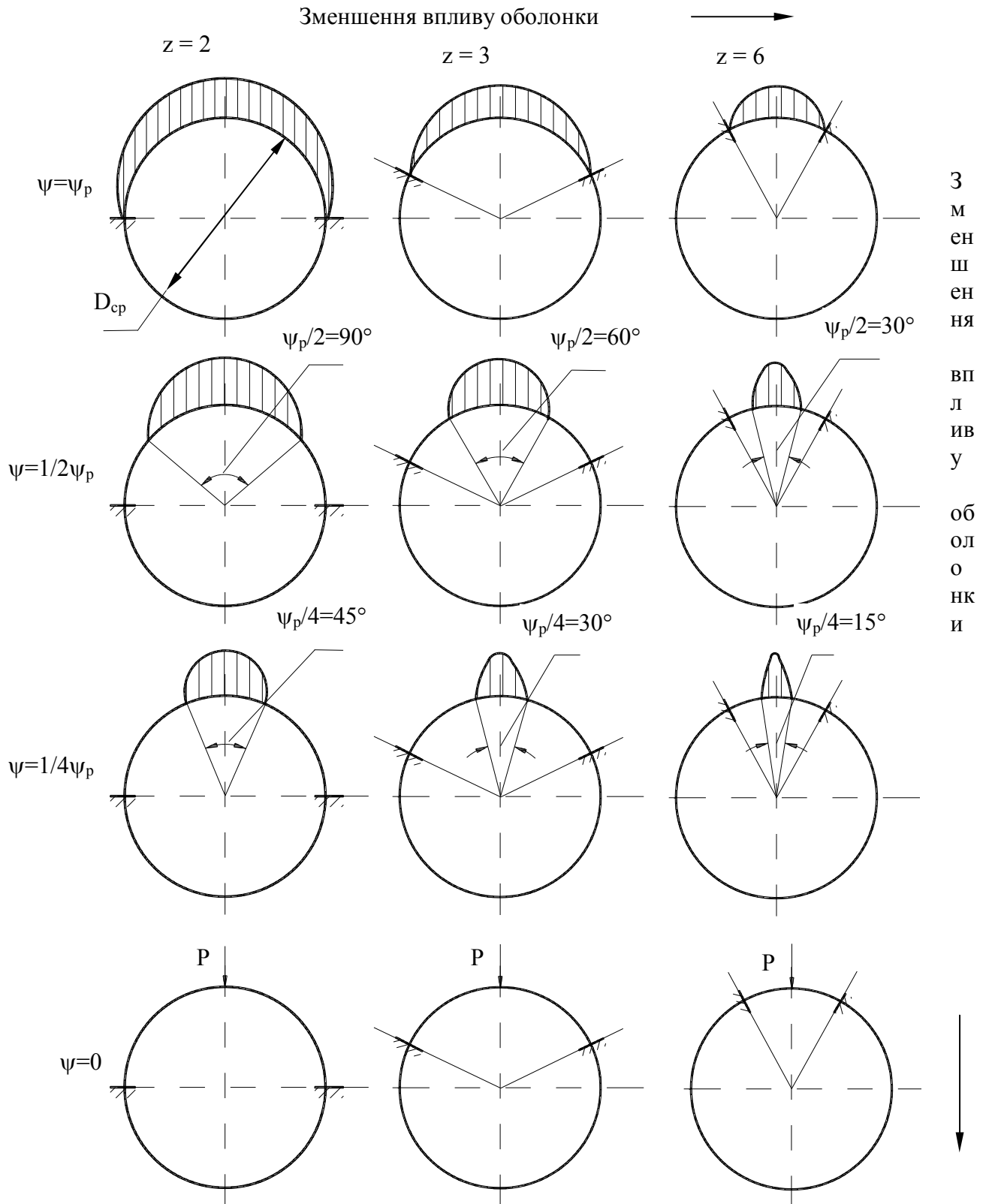


Рис. 3. Напрямок зменшення впливу податливості циліндричної оболонки в місці защемлення (кінці розрізки) пелюстки

**Основні результати дослідження.** Із врахуванням вищевикладеного в першому наближенні відкоригована формула згинальної жорсткості пелюстки. При цьому брали до уваги вплив податливості защемлення як циліндричної оболонки при одночасному навантаженні всіх пелюсток і різній кількості розрізів ( $z, \psi_p$ ) та їх ширині ( $t_1, \psi$ ).

Згинальна жорсткість пелюстки цанги дорівнює:

$$C_n = \frac{\left(3 - \frac{\sin \psi}{\sin \psi_p}\right) E I_n}{\xi l_n^3 + \frac{2}{z} I_n \varepsilon l_n (1 + 2 \lambda l_n)} \quad (4)$$

**Висновки.** Запропонована формула (4) повинна використовуватись у всіх залежностях, що визначають силові характеристики, характеристики жорсткості і точності цангових затискних патронів.

1. Кузнецов Ю.Н. Расчет угла контакта зажимной цанги со шпинделем. // Станки и инструмент. – 1970. – № 8. – С. 20-22.
2. Кузнецов Ю.Н., Вачев А.А., Редько Р.Г. Сравнительные исследования упруго-напряженного состояния зажимных цанг, изготовленных разными методами // Машиностроительна техника и конструирование: Сб. доклады. – Габрово, 1997. – С. 135-141.
3. Кузнецов Ю.М., Гордеев О.Ф., Редько Р.Г. Экспериментальні дослідження напруженого стану затискних цанг // Інтеграція освіти, науки та виробництва: Матеріали III міжнародної науково-методичної конференції. – Луцьк, 1997. – С. 27-29.
4. Кузнецов Ю.Н. Зажимная цанга со стабильной силой зажима. // Технология и организация производства. Киев. – 1971. – №1. – С.101-103.
5. Кузнецов Ю.Н. Влияние длины разрезки лепестка на характеристики зажимной цанги. // Технология и организация производства. Киев, 1972, №9, – С. 68-74.
6. Кузнецов Ю.Н. Влияние диаметра прутка на силы и упругие перемещения в цанговом механизме зажима. // Вестник КПИ, сер. Машиностроения – Киев. – 1978. – № 15. – С. 40-47.
7. Кузнецов Ю.Н., Орликов М.Л. Экспериментальное исследование влияния конструктивных элементов зажимных цанг на их характеристики. // Технология и организация производства. – Киев, № 11. – 1973. – С. 41-51.
8. Кузнецов Ю.Н. Деформация лепестков цанг при различных схемах нагружения. // Вестник КПИ, серия машиностроения. – 1975, N12. – С. 63-68.
9. Кузнецов Ю.Н. Жесткость зажима прутка в цанговом патроне. // Металлорежущие станки. – Киев, 1974. – Вып. 2. – С. 74-85.
10. Кузнецов Ю.Н., Орликов М.Л. Жесткость лепестков цанг. // Станки и инструмент. – 1968. – N4. – С. 39-42.

Стаття надійшла до редакції 21.01.2014.