

УДК 621.881

doi:10.20998/2413-4295.2016.25.20

**АНАЛІТИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ВНУТРІШНІХ НАПРУЖЕНЬ ТА ПЕРЕМІЩЕНЬ  
ТОНКОСТІННОЇ ВТУЛКИ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ЗАТИСКНОГО ПАТРОНА****Т. А. ЦВИД\*, Ю. М. КУЗНЕЦОВ**

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Київ, УКРАЇНА  
\*email: tsvyd1003@gmail.com

**АНОТАЦІЯ.** Наголошено, що затискні патрони виконують одну з важливих функцій – забезпечення необхідної сили затиску деталі або інструмента в процесі високошвидкісної обробки на верстатах з ЧПУ. Описаний принцип роботи інструментального затискного патрона (ІЗП) з гідропластом, створеного з використанням генетико-морфологічного підходу і виконаний теоретичний аналіз внутрішніх напружень та переміщень основного затискного елемента – циліндричної тонкостінної втулки. Запропоновані і теоретично обґрунтовані рекомендації по вибору конструктивних параметрів циліндричної тонкостінної втулки.

**Ключові слова:** інструментальний затискний патрон з гідропластом, циліндрична тонкостінна втулка, генетико-морфологічний підхід, внутрішні напруження, пружні переміщення.

**ANALYTICAL DETERMINATION OF INTERNAL STRESS AND DISPLACED  
THIN-WALLED PLUG****T. TSVYD\*, Y. KUZNETSOV**

National Technical University of Ukraine "Kiev's Polytechnic Institute", Kiev, UKRAINE

**ABSTRACT.** At first blush, the goal in designing and building toolholders is simple: Design a device that can hold a tool with enough rigidity for its particular application and so that it can maintain accuracy in a wide variety of machining conditions. More needs to be done. make it easy to use so change-outs are quick and accurate. And help it extend tool life and improve finish quality if you can. Described principle of work of the instrumental clamping chuck (ICC) with gidroplast, created with the use of genetic-morphological the approach and the executed theoretical analysis of internal stress, and moving of basic clamping element - cylindrical thin-walled plug. For the theoretical analysis compiled the normal scheme of loading of the cylindrical thin-walled plug in longitudinal and cross sections elastic a place with three zones of variable length and thickness, and one thickness on all length of a place for the purpose of search of rational design construction parameters. For the solution of a task have been used the formulas to Lama and rejected infinitesimal quantities of high orders in comparison with other. Recommendations about the choice of design data of the cylindrical thin-walled plug are offered and theoretically proved – 1) tension at all points walled sleeve - negative, corresponding to compression; 2) accepted - thick-walled cylindrical sleeve  $T1 = 0.52 \text{ mm}$ ; 3) use of material for plug - Steel 40X GOST 8731-87 with heat treatment, hardening and heating microwave  $h 1,8 \dots 2,2$ ; supply - HRC 35 ... 40.

**Keywords** instrumental clamping chuck with gidroplast, cylindrical thin-walled plug, genetic-morphological the approach, internal stress, elastic movement

**Вступ**

Однією з сучасних тенденцій розвитку машинобудування є високопродуктивна (High Product Cutting) за рахунок застосування інструментальних матеріалів, що дозволяє при високій стійкості інструменту забезпечити високошвидкісну обробку (High Speed Cutting) для лезвийної обробки до 30 м/с деталей простої форми і з великими подачами складної форми. Високошвидкісна обробка особливо широко застосовується на підприємствах автомобільної, авіакосмічної та верстатобудівної промисловості. Для високопродуктивної і високошвидкісної обробки необхідно створення нових конструкцій затискних механізмів і пошук нових способів затиску, наприклад, високошвидкісних патронів з компенсацією відцентрових сил [5, 11, 13].

Для рівномірного затиску деталей в патроні застосовують гідравлічні камери, заповнені мінеральним маслом або рідкою пластичною масою – гідропластом [1]. Принцип дії такого механізму заснований на використанні закону Паскаля, згідно з яким тиск на рідину, вміщену в замкнутій посудині, передається одночасно на всі боки з однаковою силою. Таким чином, якщо в замкнуту порожнину затискного патрона помістити гідропласт і впливати на нього зовнішньою силою, то можна отримати гідростатичний тиск, який буде рівномірно розподілятися на всі стінки порожнини [4, 8, 10].

**Інструментальний затискний патрон з  
гідропластом**

З використанням генетико-морфологічного підходу та синтезу відомих компоновок затискних

патронів [3] створений ІЗП (рис. 1) [2], в якому реалізований на хромосомному рівні силовий потік  $M_{a1} - F_{r2}$  (батьківська хромосома), де входом (джерело енергії) є сила ручного затиску  $F_p$ , яка перетворюється в момент  $M_{a1}$ , що утворює тангенціальну (крутну) силу  $F_{r0}$  і радіальну силу  $F_{r1}$  для переміщення плунжерів і створення тиску  $p_1$  рідинного (плинного) середовищ, наприклад, гідропласту, діючого на циліндричну втулку, що в кінці силового потоку створює тиск  $p_2$  на циліндричні поверхні інструменту з результируючою радіальною силою затиску  $F_{r2}$  [9].

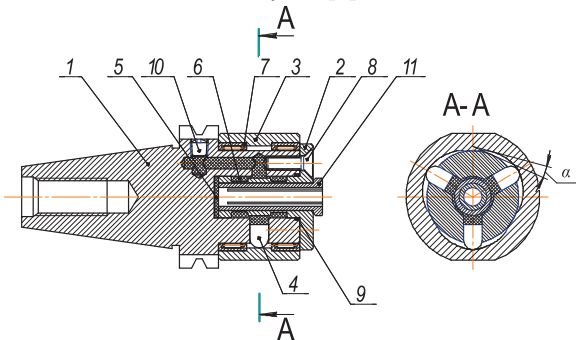


Рис. 1 – Конструктивна схема інструментального затискного патрона з гідропластом: 1 – корпус, 2 – циліндрична тонкостінна втулка, 3 – поворотна обойма, 4 – плунжер, 5 – фторопластова шайба, 6 – плинне середовище – гідропласт, 7 – голчастий підшипник, 8 – гвинт, 9 – фторонітова прокладка, 10 – пробка, 11 – цанга

### Теоретичні розрахунки внутрішніх напружень та переміщень

Для створеного ІЗП, були проведені аналітичні дослідження внутрішніх напружень та переміщень, що виникають в циліндричній тонкостінній оболонці, яка навантажена зовнішнім тиском (рис. 2).

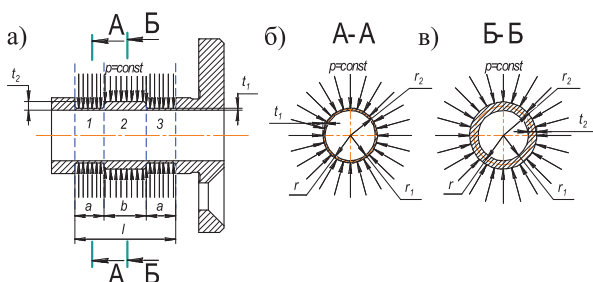


Рис. 2 – Розрахункова схема тонкостінної втулки: а – поздовжній переріз; б – поперечний при товщині  $t_1$ ; в – поперечний при товщині  $t_2$

На рис. 1. прийняті наступні позначення:  $r$  – середній радіус втулки, мм;  $r_1$  – радіус канавки, мм;  $r_2$  – радіус перемички, мм;  $a$  – ширина канавки, що стикає деталь, мм;  $b$  – ширина перемички, мм;  $l$  – ширина робочої поверхні тонкостінної втулки, мм;  $t_1$  – товщина

тонкостінної втулки, мм;  $t_2$  – товщина перемички, мм;  $p$  – тиск, МПа

Для аналітичного визначення напружень та переміщень, що виникають у тонкостінній втулці (рис. 2, а), розділимо за геометричними параметрами її робочу площину, довжиною  $l$ , на три умовні зони: 1 і 3 – робочі канавки шириною  $a$  і товщиною оболонки циліндра  $t_1$  (рис. 1, б); 2 – робоча канавка шириною  $b$  і товщиною оболонки циліндра  $t_2$  (рис. 1, в).

Спочатку розглянемо навантажений тонкостінний циліндр (рис. 3) внутрішнім та зовнішнім тиском.

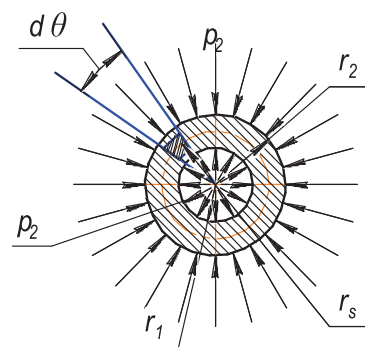


Рис.3 – Розрахункова схема тонкостінної оболонки навантаженої внутрішнім та зовнішнім тиском

Розглянемо рівновагу елементарної трапеції ABCD (рис. 4), виділеної в перерізі циліндра (рис. 3) і відповідній центральному куту  $d\theta$  [5].

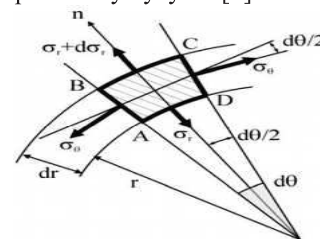


Рис. 4 – Переріз утворений двома площинами з кутом  $d\theta$

На бічних гранях трапеції (AB і CD) будуть діяти кутові напруження  $\sigma_\theta$ , на внутрішньої поверхні елемента (AD) – радіальні напруження  $\sigma_r$ , а на зовнішній (BC) - радіальні напруження  $\sigma_r + d\sigma_r$ . За причини осової симетрії циліндра і навантажень елемент не буде перекошуватись, а це значить, що на його гранях не виникатимуть і дотичні напруження. Отже, напруження  $\sigma_\theta$  і  $\sigma_r$  – головні, причому в силу вказаної осової симетрії перетину і навантажень величина окружних напружень  $\sigma_\theta$  не залежить від полярного кута  $\theta$ . Запишемо рівняння рівноваги для елемента ABCD, спроектувавши всі сили на нормаль до циліндричної поверхні:

$$\sum F_n = 0 \Rightarrow -\sigma_r \cdot r \cdot d\theta + (\sigma_r + d\sigma_r) \cdot (r + dr) \cdot d\theta - 2 \cdot \sigma_\theta \cdot \sin \frac{d\theta}{2} = 0$$

Враховуючи, що  $\sin \frac{d\theta}{2} = \frac{d\theta}{2}$ , і нехтуючи нескінченно малими величинами високих порядків в порівнянні з іншими, цей вислів можемо переписати таким чином:

$$\frac{d\sigma_r}{dr} + \frac{\sigma_r - \sigma_\theta}{r} = 0 \quad (1)$$

Задача являється один раз внутрішньо статично невизначеною.

*Геометрична сторона задачі:*

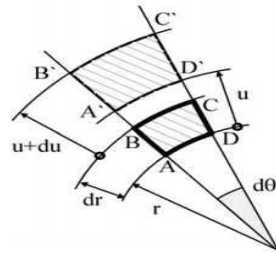


Рис. 5 – Деформація елемента ABCD

Розглянемо деформації елемента ABCD (рис. 4). Деформація елемента симетрична щодо осі і тому виникнуть лише радіальні переміщення всіх точок циліндра. При цьому точки A і D змістяться в радіальному напрямку на величину u в положення A' і D', а точки B і C – на величину u + du в положення B' і C'.

Відносна поздовжня деформація межі AB:

$$\varepsilon_r = \frac{A'B' - AB}{AB} = \frac{B'B' - AA'}{AB} = \frac{(u + du) - u}{dr} \Rightarrow \varepsilon_r = \frac{du}{dr} \quad (2)$$

Відносна колова деформація грані AD:

$$\varepsilon_\theta = \frac{A'D' - AD}{AD} = \frac{(r + u) - r \cdot d\theta}{r \cdot d\theta} \Rightarrow \varepsilon_\theta = \frac{u}{r} \quad (3)$$

*Фізична сторона задачі:*

Запишемо закон Гука для плоско-напруженого стану:

$$\begin{cases} \sigma_r = \frac{E}{1-\mu^2} \cdot (\varepsilon_r + \mu \cdot \varepsilon_\theta) \\ \sigma_\theta = \frac{E}{1-\mu^2} \cdot (\varepsilon_\theta + \mu \cdot \varepsilon_r) \end{cases} \quad (4)$$

*Математична сторона задачі:*

Підставивши вирази (2) і (3) і формули (4), отримаємо:

$$\begin{cases} \sigma_r = \frac{E}{1-\mu^2} \cdot \left( \frac{du}{dr} + \mu \cdot \frac{u}{r} \right) \\ \sigma_\theta = \frac{E}{1-\mu^2} \cdot \left( \frac{u}{r} + \mu \cdot \frac{du}{dr} \right) \end{cases} \quad (5)$$

Після підстановки виразів (5) в рівняння рівноваги (1), отримаємо лінійне диференціальне

рівняння 2-го порядку зі змінними коефіцієнтами відносно u:

$$\frac{d^2u}{dr^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{du}{dr} - \frac{u}{r^2} = 0 \quad (6)$$

Записавши це рівняння у вигляді

$$\frac{d}{dr} \left[ \frac{1}{r} \cdot \frac{d(ur)}{dr} \right] = 0$$

та інтегруючи його по r послідовно двічі, знайдемо загальний розв'язок рівняння:

$$u = C_1 \cdot r + \frac{C_2}{r} \quad (7)$$

Підставляючи розв'язок (7) в формули (5), отримаємо вирази для знаходження напруження в точках на відстані r від осі циліндра:

$$\begin{cases} \sigma_r = \frac{E}{1-\mu^2} \cdot \left[ C_1 \cdot (1+\mu) - C_2 \cdot \frac{1-\mu}{r^2} \right] \\ \sigma_\theta = \frac{E}{1-\mu^2} \cdot \left[ C_1 \cdot (1+\mu) - C_2 \cdot \frac{1-\mu}{r^2} \right] \end{cases} \quad (8)$$

Постійні інтегрування C<sub>1</sub> і C<sub>2</sub> знайдемо із граничних умов, а саме – на зовнішній поверхні циліндра радіальні напруження рівні зовнішньому тиску, а на внутрішній – внутрішньому:

$$r = r_2; \sigma_r = -p_2 \Rightarrow \frac{E}{1-\mu^2} \cdot \left[ C_1 \cdot (1+\mu) - C_2 \cdot \frac{1-\mu}{r_2^2} \right] = -p_2$$

$$r = r_1; \sigma_r = -p_1 \Rightarrow \frac{E}{1-\mu^2} \cdot \left[ C_1 \cdot (1+\mu) - C_2 \cdot \frac{1-\mu}{r_1^2} \right] = -p_1$$

Розв'язуючи ці рівняння відносно C<sub>1</sub> і C<sub>2</sub>, знайдемо:

$$\begin{aligned} C_1 &= \frac{1-\mu}{E} \cdot \frac{r_1^2 \cdot p_1 - r_2^2 \cdot p_2}{r_2^2 - r_1^2}; \\ C_2 &= \frac{1+\mu}{E} \cdot \frac{r_1^2 \cdot r_2^2 \cdot (p_1 - p_2)}{r_2^2 - r_1^2}. \end{aligned}$$

Підставляючи значення сталих у вирази (7) і (8), отримаємо формули для визначення радіального переміщення і та напружень (формули Ламе):

$$\begin{cases} u = \frac{1-\mu}{E} \cdot \frac{r_1^2 \cdot p_1 - r_2^2 \cdot p_2}{r_2^2 - r_1^2} \cdot r + \frac{1+\mu}{E} \cdot \frac{r_1^2 \cdot r_2^2 \cdot (p_1 - p_2)}{r_2^2 - r_1^2} \cdot \frac{1}{r} \\ \sigma_r = \frac{r_1^2 \cdot p_1 - r_2^2 \cdot p_2}{r_2^2 - r_1^2} - \frac{r_1^2 \cdot r_2^2 \cdot (p_1 - p_2)}{r_2^2 - r_1^2} \cdot \frac{1}{r^2} \\ \sigma_\theta = \frac{r_1^2 \cdot p_1 - r_2^2 \cdot p_2}{r_2^2 - r_1^2} + \frac{r_1^2 \cdot r_2^2 \cdot (p_1 - p_2)}{r_2^2 - r_1^2} \cdot \frac{1}{r^2} \end{cases} \quad (9)$$

Припустимо, що t<sub>1</sub>=t<sub>2</sub>, тоді

**Аналитичні розрахунки внутрішніх напружень та переміщень**

Отримавши формули для визначення напружень і переміщень (9), що виникають у тонкостінній оболонці під дією рівномірно розподіленого зовнішнього і внутрішнього тиску (рис. 6) по всій довжині кола можна розрахувати напруження і переміщення для тонкостінної циліндричної втулки ІЗП (рис. 1). Для цього припустимо, що  $r_1=r_2=6,52$  мм,  $r=6,26$  мм.

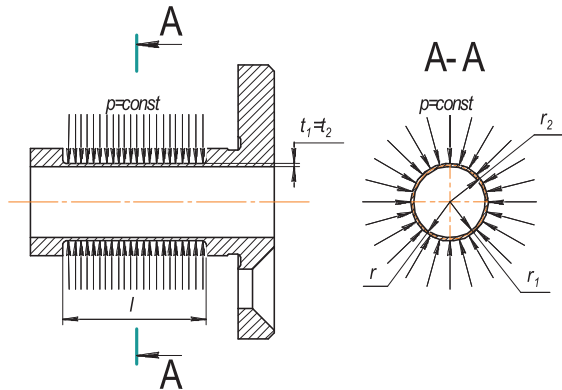


Рис. 6 – Тонкостінна втулка під дією зовнішнього тиску

В даному випадку формули (9) набувають наступного вигляду:

$$\left\{ \begin{aligned} u &= \frac{1-\mu}{E} \cdot \frac{r_2^2 \cdot p}{r_2^2 - r_1^2} \cdot r - \frac{1-\mu}{E} \cdot \frac{r_1^2 \cdot r_2^2 \cdot p}{r_2^2 - r_1^2} \cdot \frac{1}{r_s} \\ \sigma_r &= -\frac{r_2^2}{r_2^2 - r_1^2} \cdot \left(1 - \frac{r_1^2}{r_s^2}\right) \cdot p \\ \sigma_\theta &= -\frac{r_2^2}{r_2^2 - r_1^2} \cdot \left(1 + \frac{r_1^2}{r_s^2}\right) \cdot p \end{aligned} \right.$$

де  $r_s = r$  – радіус середньої лінії тонкостінної оболонки.

Підставивши вхідні дані, отримаємо:

Таблиця 1 – Напруження і переміщення у тонкостінній втулці

t <sub>1</sub> , мм	p, МПа	p, МПа	p, МПа	p, МПа	p, МПа	p, МПа
0,52	1	2,5	5,0	7,5	10	12,5
$\sigma_r$ , МПа	0,53	1,33	2,66	3,98	5,31	6,64
$\sigma_\theta$ , МПа	13,0	32,6	65,2	97,9	130	163
u, мм	1,2×10 <sup>-5</sup>	2,3×10 <sup>-4</sup>	6,1×10 <sup>-4</sup>	9,9×10 <sup>-4</sup>	1,3×10 <sup>-3</sup>	1,7×10 <sup>-3</sup>

Обидва напруження ( $\sigma_r$  і  $\sigma_\theta$ ) стискальні, причому за абсолютним значенням  $\sigma_\theta > \sigma_r$ , а радіальне

переміщення напрямлене до осі втулки (радіуси зменшуються).

Біля внутрішньої поверхні ( $r=r_1$ ):

$$\left\{ \begin{aligned} u &= -\frac{r_1}{E} \cdot \frac{2}{1-k^2} \cdot p \\ (\sigma_r)_{r=r_1} &= 0 \\ (\sigma_\theta)_{r=r_1} &= -\frac{2}{1-k^2} \cdot p \end{aligned} \right. \quad (10)$$

де  $k=r_1/r_2$ .

Підставивши вхідні дані із табл. 1 у рівняння (10), отримаємо:

Таблиця 2 – Напруження і переміщення у тонкостінній втулці біля внутрішньої поверхні

t <sub>1</sub> , мм	p, МПа	p, МПа	p, МПа	p, МПа	p, МПа	p, МПа
0,52	1	2,5	5,0	7,5	10,0	12,5
$\sigma_r$ , МПа	0	0	0	0	0	0
$\sigma_\theta$ , МПа	13,0	32,6	65,2	97,9	130,5	163,2
u, мм	3,9×10 <sup>-4</sup>	9,7×10 <sup>-4</sup>	1,9×10 <sup>-3</sup>	2,9×10 <sup>-3</sup>	3,9×10 <sup>-3</sup>	4,8×10 <sup>-3</sup>

Біля зовнішньої поверхні ( $r=r_2$ ):

$$\left\{ \begin{aligned} u &= -\frac{r_2}{E} \cdot \left(\frac{1+k^2}{1-k^2} - \mu\right) \cdot p \\ (\sigma_r)_{r=r_2} &= -p \\ (\sigma_\theta)_{r=r_2} &= -\frac{1+k^2}{1-k^2} \cdot p \end{aligned} \right. \quad (11)$$

Підставивши вхідні дані із табл. 1 у рівняння (11), отримаємо:

Таблиця 3 – Напруження і переміщення у тонкостінній втулці біля зовнішньої поверхні

t <sub>1</sub> , мм	p, МПа	p, МПа	p, МПа	p, МПа	p, МПа	p, МПа
0,52	1	2,5	5,0	7,5	10,0	12,5
$\sigma_r$ , МПа	-1	-2,5	-5,0	-7,5	-10,0	-12,5
$\sigma_\theta$ , МПа	-12,05	-30,15	-60,29	-90,44	-120,59	-150,74
u, мм	-3,8×10 <sup>-4</sup>	-9,6×10 <sup>-4</sup>	-1,9×10 <sup>-3</sup>	-2,9×10 <sup>-3</sup>	-3,9×10 <sup>-3</sup>	-4,8×10 <sup>-3</sup>

На основі отриманих значень  $\sigma_r$  і  $\sigma_\theta$  та у із табл. 2 і 3 будемо епюри напружень рис. 7.

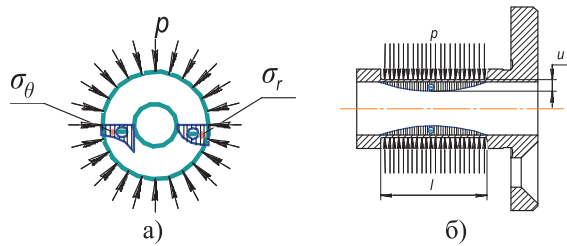


Рис. 7 – Епюри: а – напружень; б – переміщення.

### Висновки

- 1) напруження у всіх точках тонкостінної втулки (рис. 7, а) від’ємні, що відповідає стисканню;
- 2) аналіз формул Ламе (9) показує, що збільшення товщини  $t$  не може у всіх випадках забезпечити необхідну міцність тонкостінної оболонки. Тому прийнята товщина тонкостінної циліндричної втулки залишається не змінною,  $t_1=0,52$  мм [7];
- 3) для роботи під великим тиском необхідно шукати інші конструктивні рішення. Одним з таких рішень є використання більш міцніших матеріалів (збільшення  $[\sigma]$ ). В даному випадку буде використано матеріал для виготовлення Сталь 40Х ГОСТ 8731-87 з термічною обробкою: закалювання та нагрів СВЧ  $h$  1,8...2,2; відпуск – HRC 35...40.

### Список літератури

1. Дума, Р. К. Зажимные приспособления с использованием гидропластмассы. – М., Mashgiz. – 1951.
2. Кузнецов, Ю. Н. Инструментальные зажимные патроны / Ю. Н. Кузнецов, В. Н. Волошин, В. Б. Фиранский, О. А. Гуменюк // К.: ООО "ГНОЗИС". – 2012. – 286 с.
3. Кузнецов, Ю. Н. Генетико-морфологический подход к созданию и прогнозированию развития зажимных механизмов для вращающихся деталей / Ю. Н. Кузнецов, А. Г. Хамуйела Жоаким, Ангел Попаров // *Journal of the Technical University – Sofia. – Plovdiv branch, Bulgaria "Fundamental Sciences and Applications"*. – Bulgaria. – 2013. – vol. 19, Book 2. – С. 117-13.
4. Кузнецов, Ю. М. Експериментальні дослідження високошвидкісного інструментального затискного патрону з пружним елементом затиску / Ю. М. Кузнецов, В. Б. Фіранський, О. В. Грисюк, В. Н. Волошин // *Вісник ХНТУСГ*. – 2008. – № 45. – С. 294-299.
5. Кузнецов Ю. Н. Расчет и экспериментальные исследования силовых характеристик высокоскоростного инструментального зажимного патрона / Ю. Н. Кузнецов, В. А. Недобой, Герра Ж. А. Хамуйела // *International Scientific Conference «UNITECH '13»*. – Gabrovo, UNITECH-2013. – 2013.
6. Писаренко, Г. С. Сопrotivление материалов / Г. С. Писаренко, В. А. Агаев, А. Л. Квитка, В. Г. Попков, Э. С. Уманский // Под ред. акад. АН УССР Писаренко Г.С., Киев, Вища школа. – 1986.
7. Недобой, В. А. Експериментальні дослідження впливу конструкції хвостовика інструмента на характеристики затискного патрона / В. А. Недобой, Ю. М. Кузнецов, Жоаким Аугушто Хамуйела Гера // *Журнал інженерних наук*. – 2014. – Т. 1, № 2. – С. А8-А12.

8. Свириденко, С. Х. Элементы автоматизации металлорежущих станков / С. Х. Свириденко, Л. С. Ахмечет, А. А. Волков и др. – «Машиностроение», Москва. – 1964. – 183 с.
9. Цвид, Т. А. Пружно-напружений стан інструментального затискного патрона з рідинно-плинним середовищем / Т. А. Цвид, Ю. М. Кузнецов // *Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології промислового комплексу»*. – 2016.
10. Эль-Дахаби, Ф. В. Принципы проектирования высокоскоростных зажимных патронов / Ф. В. Эль-Дахаби, Ю. Н. Кузнецов, М. Т. Хазим // *Вісник НТУУ «КПІ»*. Серія машинобудування. – 2014. – №3 (72). – С. 175 -180.
11. Фіранський, В. Б. Пружно-напружений стан інструментальнозатискних патронів нової конструкції / В. Б. Фіранський // *Збірник наукових праць «Вісник Націо-нального технічного університету України «Київський політехнічний інститут»*. Серія *Машинобудування*. – 2010. – Вип.59. – С. 19-23.
12. Hasan Al Dabbas A Study of Efficiency Eccentric Drilling-Milling Chuck / Hasan Al Dabbas // *International Journal of Materials, Mechanics and Manufacturing*. –Vol. 3. Is. 1. – P. 5-8. – doi:10.7763/IJMMM.2015.V3.155.
13. Alquraan, T. High-speed Clamping Mechanism of the CNC Lathe with Compensation of Centrifugal Forces / T. Alquraan, Yu. Kuznetsov, T. Tsyud // *Journey Procedia Engineering. Publisher*. – 2016. – № 150. – P. 689-695. – doi:10.1016/j.proeng.2016.07.081.
14. Затискний патрон / Ю. М. Кузнецов, Т. А. Цвид // МПК В23Q 1/00, В23В 31/02, В23В 31/30. Патент № 104300 від 25.01.2016

### Bibliography (transliterated)

1. Duma, R. K. Zazhimnye prispособlenija s ispol'zovaniem gidroplastmassy. Moscow, Mashgiz, 1951.
2. Kuznecov, Ju. N., Voloshin, V. N., Firanskij, V. B., Gumenjuk, O. A. *Instrumental'nye zazhimnye patrony*. – Kyiv: ООО "GNOZIS", 2012, 286 p.
3. Kuznecov, Ju. N., Hamujela Zhoakim, A. G., Angel Poparov Genetiko-morfologicheskij podhod k sozdaniju i prognozirovaniju razvitija zazhimnyh mehanizmov dlja vrashhajushhihsja detalej // *Journal of the Technical University – Sofia. – Plovdiv branch, Bulgaria "Fundamental Sciences and Applications"*. – Bulgaria, 2013, 19(2), 117-13.
4. Kuznecov, Ju. M., Firans'kij, V. B., Grisjuk, O. V., Voloshin, V. N. Eksperimental'ni doslidzhennja visokoshvidkисnogo instrumental'nogo zatisknogo patronu z pruzhnim elementom zatisku. *Visnik HNTUSG*, 2008, 45, 294-299.
5. Kuznecov, Ju. N., Nedoboj, V. A., Gerra Zh. A. Hamujela Raschet i jeksperimental'nye issledovanija silovyh harateristik vysokoskorostnogo instrumental'nogo zazhimnogo patrona. *International Scientific Conference «UNITECH '13»*, Gabrovo, UNITECH-2013, 2013.
6. Pisarenko, G. S. Agaev, V. A., Kvitka, A. L., Popkov V. G., Umanskij, Je. S. Sopotivlenie materialov. Pod red. akad. AN USSR Pisarenko G.S., Kiev, Vishha shkola, 1986.
7. Nedoboj, V. A. Kuznecov, Ju. M., Zhoakim Augushto, Hamujela Gera Eksperimental'ni doslidzhennja vplivu konstrukcii hvostovika instrumenta na harakteristiki zatisknogo patrona. *Zhurnal inzhenernih nauk*, 2014, 1(2), A8-A12.

8. **Sviridenko, S. H., Ahmechet, L. S., Volkov, A. A.** i dr. Jelementy avtomatizacii metallovezhushhiih stankov. Mashinostroenie, Moskva, 1964, 183 p.
9. **Tsvyd, T. A., Kuznecov, Ju. M.** Pruzhno-napruzhenij stan instrumental'nogo zatisknogo patrona z ridinno-plinnim sereдовishhem. *Materiali mizhnarodnoї naukovopraktichnoї konferencії «Suchasni tehnologii promislavogo kompleksu»*, 2016.
10. **Jel'-Dahabi, F. V., Kuznecov, Ju. N., Hazim, M. T.** Principy proektirovaniya vysokoskorostnyh zazhimnyh patronov. *Visnik NTUU «KPI». Serija Mashinobuduvannja*. 2014, 3(72), 175-180.
11. **Firans'kij, V. B.** Pruzhno-napruzhenij stan instrumental'nozatsknihih patroniv novoi konstrukcii. *Zbirnik naukovih prac' «Visnik Nacional'nogo tehničnogo universitetu Ukraїni «Kiїvs'kij politehničnij institut». Serija Mashinobuduvannja*. 2010, 59, 19-23.
12. **Hasan Al Dabbas** A Study of Efficiency Eccentric Drilling-Milling Chuck. *International Journal of Materials, Mechanics and Manufacturing*. 3(1), 5-8, doi:10.7763/IJMMM.2015.V3.155.
13. **Alquraan, T., Kuznetsov, Yu., Tsvyd, T.** High-speed Clamping Mechanism of the CNC Lathe with Compensation of Centrifugal Forces. *Journey Procedia Engineering. Publisher*. 2016, 150, 689-695, doi:10.1016/j.proeng.2016.07.081.
14. **Kuznecov, Ju. M., Tsvyd, T. A.** Zatsknihih patron. MPK B23Q 1/00, B23B 31/02, B23B 31/30. Patent № 104300 vid 25.01.2016

#### Відомості про авторів (About authors)

**Цвид Тарас Антонович** – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», аспірант кафедри конструювання верстатів та машин, м. Київ, Україна, e-mail: tsvyd1003@gmail.com

**Taras Tsvyd** – National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute" graduate student of design tools and machines, Kyiv, Ukraine, e-mail: tsvyd1003@gmail.com

**Кузнецов Юрій Миколайович** – доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», професор кафедри конструювання верстатів та машин, м. Київ, Україна, e-mail: zmok@mail.ru

**Yuriy Kuznetsov** – Doctor of Engineering, professor National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", professor of design tools and machines, Kyiv, Ukraine, e-mail: zmok@mail.ru

Будь ласка посилайтесь на цю статтю наступним чином:

**Цвид, Т. А.** Аналітичне визначення внутрішніх напружень та переміщень тонкостінної втулки інструментального затискного патрона / **Т. А. Цвид, Ю. М. Кузнецов** // *Вісник НТУ «ХПІ», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях*. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2016. – № 25 (1197). – С. 132-137. – doi:10.20998/2413-4295.2016.25.20.

Please cite this article as:

**Taras Tsvyd, Yuriy Kuznetsov** Analytical determination of internal stress and displaced Thin-walled plug. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies*. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2016, 25 (1197), 132-137, doi:10.20998/2413-4295.2016.25.20.

Пожалуйста ссылайтесь на эту статью следующим образом:

**Цвид, Т. А.** Аналитическое определение внутренних напряжений и перемещений тонкостенной втулки инструментального зажимного патрона / **Т. А. Цвид, Ю. Н. Кузнецов** // *Вестник НТУ «ХПИ», Серія: Новые решения в современных технологиях*. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2016. – № 25 (1197). – С. 132-137. – doi:10.20998/2413-4295.2016.25.20.

**АННОТАЦИЯ.** Отмечено, что зажимные патроны выполняют одну из важных функций - обеспечение необходимой силы зажима детали или инструмента в процессе высокоскоростной обработки на станках с ЧПУ. Описанный принцип работы инструментального зажимного патрона (ИЗП) с гидропластом, созданного с использованием генетико-морфологического подхода и выполнен теоретический анализ внутренних напряжений и перемещений основного зажимного элемента - цилиндрической тонкостенной втулки. Предложены и теоретически обоснованы рекомендации по выбору конструктивных параметров цилиндрической тонкостенной втулки.

**Ключевые слова:** инструментальный патрон с гидропластом, цилиндрическая тонкостенная втулка, генетико-морфологический подход, внутренние напряжения, упругие перемещения

Надійшла (received) 09.06.2016