method of cutting cardboard templates with the help of a pneumatic chamber with differently profiled slots at its base, it is possible to achieve quality in performing the technological process.

As a result of using the proposed method, it is expected to improve the quality and efficiency of the cardboard template cutting process. This will have a positive impact on the production of cardboard products in general.

References

1. Zenkin M. The analysis of printing equipment manufacturing / M. Zenkin, D. Makatora, A. Ivanko, A. Makatora. AD ALTA: Journal of Interdisciplinary Research. Hradec Kralove, Czech Republic, 2022. Vol. 12, no. 2. P. 69–72. URL: http://www.magnanimitas.cz/ADALTA/120228/papers/A_13.pdf.

2. Ivanko A. Modelling of the technological process of removing cardboard scraps in the die-cutting section / A. Ivanko, M. Zenkin, V. Pasichnyk / Наукові записки / УАД. Львів, 2023. Вип. 2 (67). С. 249-258. URL: http://nz.uad.lviv.ua/static/media/2-67/26.pdf.

3. Іванко, А. І. Пристрій для транспортування картонних розгорток у зону технологічної обробки / А. І. Іванко, І. В. Юхименко. Технологія і техніка друкарства / НТУУ “КПІ ім. Ігоря Сікорського”. Київ, 2023. Вип. (2(80). С. 75–85. https://doi.org/10.20535/2077-7264.2(80).2023.291793.

4. Ivanko A. Designing the pressing plate mechanism of the flat die-cutting press / A. Ivanko, I. Kolinko. Технологія і техніка друкарства / НТУУ “КПІ ім. Ігоря Сікорського”. Київ, 2023. Вип. 1(79). С. 77–90. https://doi.org/10.20535/2077-7264.1(79).2023.54015.

УДК 621.9.06

Четвержук Т.І., канд. техн. наук, доцент
Повстяной О.Ю., доктор техн. наук, професор
Редько Р.Г., канд. тех. наук, доцент
Полінкевич Р.М., канд. тех. наук, доцент
Луцький національний технічний університет, eti_tar@ukr.net

ЗАЛЕЖНІСТЬ ЖОРСТКОСТІ РАДІАЛЬНО-УПОРНОГО КУЛЬКОВОГО ПІДШИПНИКА ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА ВЕРСТАТА ВІД СПІВВІДНОШЕНЬ ЗОВНІШНІХ НАВАНТАЖЕНЬ

Жорсткість шпиндельного вузла (ШВ) верстата – одна з найбільш важливих його характеристик, оскільки визначає величину пружних деформацій шпинделя при різанні. Статична жорсткість ШВ залежить від типу опор і конструктивних розмірів шпинделя. Баланс пружних деформацій на передньому торці шпинделів на опорах кочення в токарних верстатах наступний: деформації передньої опори складають 40…50%, задньої – 2…3%, деформації консольної ділянки шпинделя – 15…20%, міжопорної ділянки – 30…40%.

Жорсткість опор кочення залежить від типу підшипника. Радіальна жорсткість опор з дворядним роликопідшипником вища, ніж з двома радіально-упорними кульковими підшипниками в 2…3 рази. Осьова жорсткість кулькових підшипників (в умовних одиницях) при рівних діаметрах, в основному визначається величиною попереднього натягу і кутом контакту, приведена нижче:

- дворядний упорний кульковий підшипник …….....1,0
- дворядний упорно-радіальний кульковий підшипник з кутом контакту 60º…0,65…0,72
- два радіально-упорних кулькових підшипника з кутами контакту 25º ……0,21…0,25
- теж саме з кутом контакту 15º…….……..……0,1…..0,12

Як радіальна, так і осьова жорсткість кулькових підшипників при низьких частотах обертання пропорційні величині попереднього натягу в степені 1/2, а силі натягу 1/3. Відповідно із збільшенням натягу жорсткість з початку збільшується швидко, а після цього ріст її повільний і подальше збільшення натягу залежить від величини навантажень на шпиндель: при будь-яких навантаженнях в роботі повинні приймати участь всі тіла кочення. Частково, допустиме по цій умові осьове навантаження, що сприймається

кульковими підшипниками з попереднім натягом, не повинне перевищувати трьохкратної сили натягу (при $dn \le 0.4 \cdot 10^6$ мм·хв$^{-1}$).

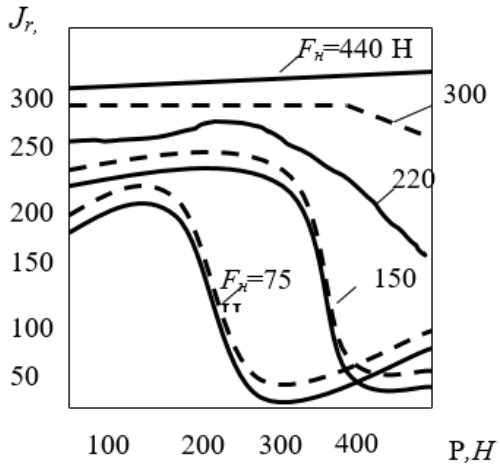

Рис. 1 – Залежності радіальної жорсткості j_r радіально-упорних підшипників 36100 (–) і (---) з кутом контакту 15˚ від зовнішнього навантаження P і сили попереднього натягу $F_н$.

На рисунку 1 наведені залежності жорсткості радіально-упорного кулькового підшипника від співвідношень зовнішнього навантаження (реакції опори) і сили попереднього натягу. Крива для F_n=440 Н характерна для випадку, коли в роботі беруть участь всі тіла кочення, зниження кривих пояснюється поступовим виходом з роботи все більшого числа тіл кочення у зв'язку з ростом зовнішнього навантаження.

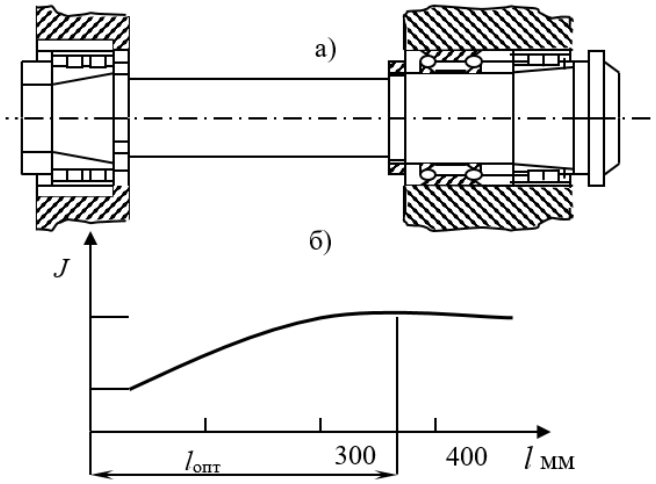

Рис. 2 – Ескіз ШВ (*а*) і залежність жорсткості ШВ *j* від відстані між опорами (*б*)

Залежність жорсткості ШВ від відстані $l_{опт}$ між опорами при дії радіального навантаження на торець шпинделя представлена на рисунку 2.

Статична жорсткість опор буде рівна $3p_нFk\Delta^{-1}$, де $p_н$ – тиск у кишені, Δ – діаметральний зазор в підшипнику, F – площа кишені, k – коефіцієнт, який враховує вплив ексцентриситету шийки шпинделя відносно отвору під навантаженням. Для розрахунку $k \approx 1$.

Як бачимо з графіка, існує оптимальне значення $l_{опт}$ міжопорної відстані, при якій податливість мінімальна. Однак справа від оптимальності підйом кривої незначний і в реальних межах податливість мало відрізняється від мінімальної. Зліва від оптимальності податливість зростає різко, тому відстань між опорами, визначається значенням $l_{опт}$,

потрібно розглядати, як мінімально допустиме. Вагомий вплив на величину жорсткості ШВ дає виліт шпинделя *a*, тому при проектуванні необхідно добиватися його зменшення.

Список посилань

1. Machining and Machine Tools Book by D.N. Naresh, Mohd. Mukhtar Alam, Girish Chitoshiya Paperback, 2013, 2014, Published by Genius Publications 264 pages.

2. Гордєєв О. Ф. Безрозбірна діагностика стиків металорізальних верстатів на основі самоподібності деформацій / О. Ф. Гордєєв, Т. І. Четвержук // Прогресивні технології і системи машинобудування. – 2014. - № 1. – С. 99-105.

3. Проектування обладнання галузевого машинобудування: Шпиндельні вузли на опорах кочення. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра, за освітньою програмою «Технології комп'ютерного конструювання верстатів, роботів та машин» спеціальності 131 – Прикладна механіка; КПІ ім. Ігоря Сікорського.– Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 135 с.

4. Четвержук Т.І. Проблеми та задачі проектування та розрахунку несучих частин металорізальних верстатів з урахуванням навантажень. / Т.І. Четвержук, Р.Г. Редько, Р.М. Полінкевич, О.М. Залета, Б.П. Валецький. // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». Луцьк, 2022. №73. – С. 101-104.

УДК 621.7.043

Зінько Р.В., докт. техн. наук, професор
Глобчак М.В., канд. техн. наук
Демчук І.Б., магістр
Національний університет «Львівська політехніка», rzinko@gmail.com

ВИГОТОВЛЕННЯ БЕЗПОВІТРЯНОГО КОЛЕСА З ЕЛАСТИЧНОГО ПОЛІУРЕТАНУ

Одним з напрямків підвищення безпеки автомобілів і живучості військової автомобільної техніки є застосування безповітряних шин [1]. Але порівняно невеликий досвід експлуатації таких шин не дозволив накопити достатньої кількості наукових робіт про теоретичні узагальнення і конструкцій для визначення їх оптимальності. На кафедрі проектування машин та автомобільного інжинірингу НУ «Львівськам політехніка» проводяться дослідження експлуатаційних властивостей безповітряних шин з еластичних поліуретанів для легкових автомобілів (рис.1) [2]. В експериментальних дослідженнях використовуються методи двофакторного експерименту [3].

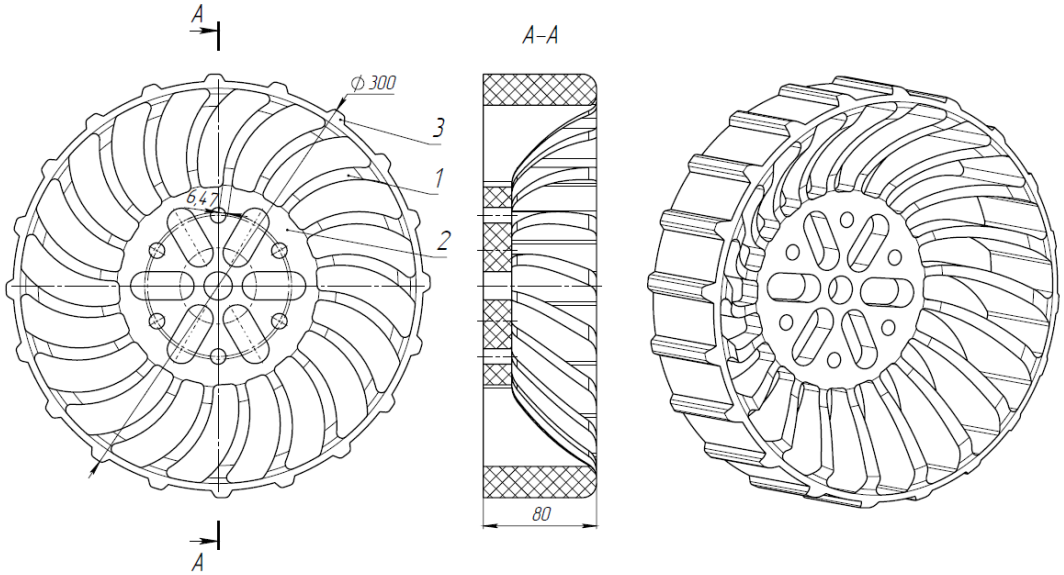

Рис. 1 – Автомобільне колесо з безповітряною шиною з еластичних поліуретанів:
1 – гнучкі спиці; 2 –дискове колесо з глибоким ободом; 3 – протектор