

УДК 621.01

Стрілець О. Р., аспірант (Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів), **асистент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СТАТИКИ ПРУЖНИХ ШПОНКОВИХ З'ЄДНАНЬ

Описана методика експериментальних досліджень статичної з'єднаності з пружними призматичними шпонками, а саме залежності між їх деформаціями, обертальним моментом і розмірами та зроблені відповідні висновки у порівнянні з теоретичними дослідженнями.

Ключові слова: експеримент, з'єднання, пружні призматичні шпонки, деформація.

Постановка проблеми. З'єднання вала з маточиною за допомогою пружних призматичних шпонок передають обертальний момент силами деформації цих шпонок. Для таких шпонок отримані теоретичні залежності між їх деформаціями, обертальним моментом і розмірами. Тому виникає необхідність експериментальної перевірки статичних процесів у таких шпонкових з'єднаннях.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Широко відомі з'єднання жорсткими шпонками [1]. Крім того, на рівні патентів зроблені пружні [2...6] шпонки для з'єднань валів з маточинами. Використання таких шпонок дозволяє змінювати жорсткість шпонкового з'єднання і м'якше передавати обертальний момент від вала до маточини або навпаки, тобто без ударів, що позитивно впливає на довговічність привода.

Теоретичним питанням статичної з'єднаності пружними призматичними шпонками присвячені роботи [7...10]. Однак, проведені теоретичні дослідження потребують подальшого експериментального дослідження та підтвердження отриманих результатів.

Метою роботи є проведення експериментальних досліджень статичної пружності шпонкових з'єднань, що застосовуються для з'єднання різноманітних деталей обертового руху під час передачі ними обертального моменту.

Реалізація роботи. Експериментальні дослідження статичних властивостей таких з'єднань у порівнянні з жорсткими шпонковими

з'єднаннями проведені на спеціально розробленому та виготовленому стенді [11...15].

Схема основної загальної частини запатентованих стендів для експериментального дослідження статичних та динамічних властивостей пружних шпонкових з'єднань показані на рис. 1, в яких є шпонкове з'єднання 1, яке складається з нерухомого вала 2, навантажувальної втулки 3, підшипників 4 і 5, шайби 6, гайки 7 і шпонки 8. Нерухомий вал жорстко закріплений в опорі 9, яка складається з корпусу 10 і кришки 11, через квадратну хвостову ділянку за допомогою шпильок 12 і гайок 13. Для виключення деформації згину нерухомого вала встановлена знімна опора 14, у різьбовому отворі якої встановлений гвинт 15, який через конічний кінець 16 взаємодіє з центровим отвором 17 нерухомого вала. Навантажувальна втулка шпонкового з'єднання жорстко з'єднана з одним кінцем важеля 18 за допомогою зварювання, а над другим його кінцем розміщується спеціальне обладнання залежно від виду навантаження. Вимірювання деформацій і коливних явищ у шпонкових з'єднаннях для різних видів навантаження, здійснюється через тензорезисторний давач 19. Шпонкове з'єднання разом з опорами встановлені на рамі 20. Для установки рами в горизонтальне положення служать ніжки 21.

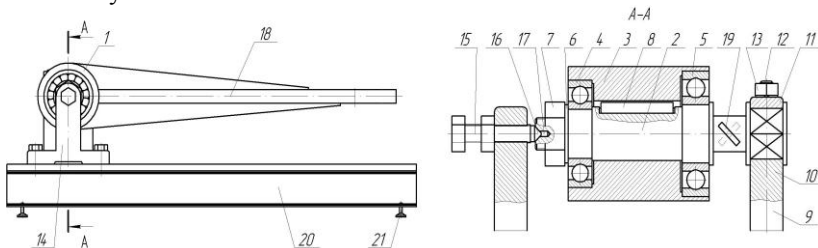


Рис. 1. Схема загальної частини стенду для дослідження шпонкових з'єднань

Даний стенд дозволяє досліджувати шпонкові з'єднання, на які діють різні типи навантаження. Для цього використовується додаткове зйомне обладнання.

Під час досліджень шпонкових з'єднань навантажених статичним обертовим моментом використовувалось обладнання, показане на рис. 2, де над другим кінцем важеля на рамі розміщені вертикальні стояки 22 з поперечною 23, в різьбовому отворі якої встановлений гвинт 24, який через динамометр 25 марки ДОС взаємодіє з важелем 18. Гвинт приводиться в рух маховиком 27.

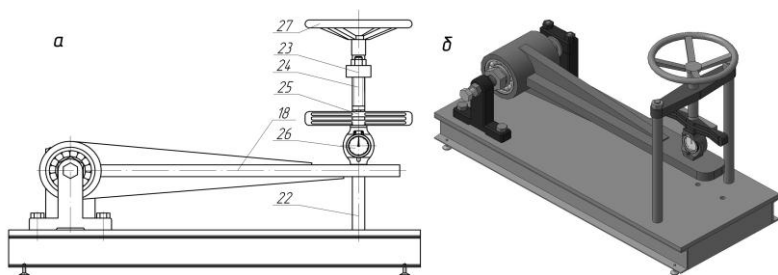


Рис. 2. Стенд з обладнанням для статичних досліджень і калібрування тензорезисторного давача: *a* – схема механізму калібрування тензорезисторного давача; *б* – загальний вигляд моделі дослідного стенда

Діаметр сполуки вал – маточина $d = 60$ мм, а пружні призматичні шпонки (рис. 3, *a*) мали такі розміри: $b \times h \times l = 18 \times 12 \times 90$ мм і $b_1 = 4; 6; 8; 10$ мм, тобто з відношенням b_1/b рівним відповідно від 0,3 до 0,6.

У порядку співставлення було випробувано також з'єднання з жорсткою призматичною шпонкою $b \times h \times l = 18 \times 12 \times 90$ мм (рис. 3, *б*).

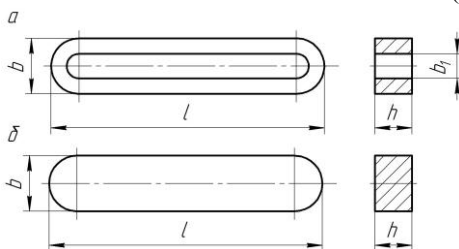


Рис. 3. Призматичні шпонки: *a* – пружна; *б* – жорстка

Експериментальні статичні дослідження виконувались і таким чином, як показано на рис. 4. Статичний обертальний момент створювався навантаженням жорсткого або пружного шпонкового з'єднання вантажами встановленими на важіль. Кожний окремо вантаж має вагу $F_g = 100$ Н. Для створення статичного обертального моменту на важіль встановлювались вантажі $F_g = 100; 200; 300; 400; 500$ Н. Довжина плеча установалення цих вантажів $l_{F_g} = 700$ мм, а вага важеля $F_{g_e} = 358,3$ Н і довжина плеча до центра його ваги $l_{F_e} = 240$ мм. Тоді створені цими вантажами статичні обертальні моменти будуть відповідно: 156, 226, 296, 366 і 436 Н·м. Через тензорезисторний давач і тензометричну станцію ТС-8 записувались отримані дані.

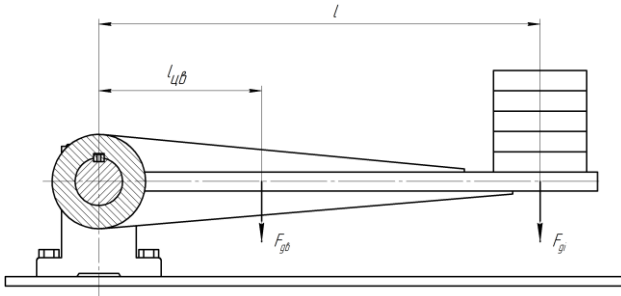


Рис. 4. Схема стенда з обладнанням для статичних досліджень за допомогою вантажів

На рис. 5 показана схема деформації пружної призматичної шпонки у з'єднанні вала з маточиною. При повороті маточини відносно вала на кут φ шпонка деформується на величину δ .

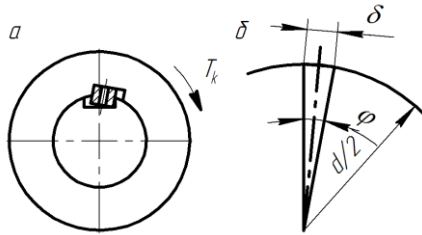


Рис. 5. Схема деформації пружної призматичної шпонки у з'єднанні:
а – положення маточини відносно вала; б – зв'язок δ з d через кут φ

Для визначення деформації пружної призматичної шпонки у з'єднанні вала з маточиною використана схема, показана на рис. 6, де графічно показаний зв'язок між кутовим переміщенням важеля 2, а разом з ним маточини 1. Вимірювання кутового переміщення важеля 2 виконується індикатором 3, показаним на рис. 6 і 7.

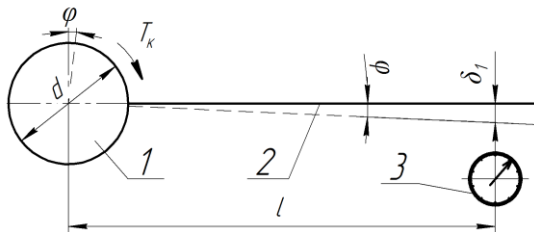


Рис. 6. Схема для визначення деформації пружної шпонки залежно від повороту важеля

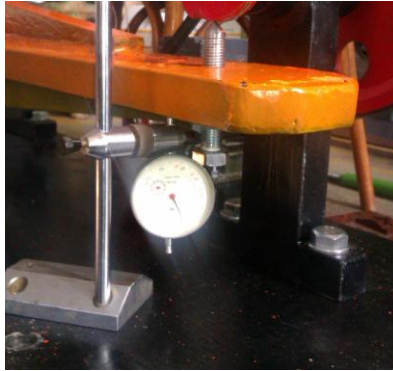


Рис. 7. Вимірювання кутового переміщення важеля на стенді за допомогою індикатора

Експериментально деформація δ пружної призматичної шпонки знаходилась в залежності від δ_1 на основі пропорції, що

$$\frac{\delta_1}{l} = \frac{2\delta}{d}. \quad (1)$$

Звідки

$$\delta = \delta_1 \frac{d}{2l}, \text{ або } \delta = 0,042857 \delta_1. \quad (2)$$

На кожному з етапів експериментального дослідження пружних шпонок проводились досліди по десять серій кожний та оброблялись за порадами [17].

Результати теоретичних [7] і експериментальних обчислень залежності деформації пружної призматичної шпонки від обертального моменту зведені у табл. 1.

Таблиця 1

Результати теоретичних і експериментальних досліджень залежності деформації пружної призматичної шпонки від обертального моменту

T, Н·м	$b_l = 4\text{мм}$		$b_l = 6\text{мм}$		$b_l = 8\text{мм}$		$b_l = 10\text{мм}$	
	δ_m	δ_e	δ_m	δ_e	δ_m	δ_e	δ_m	δ_e
156	0,098	0,12	0,187	0,20	0,380	0,36	0,863	0,90
226	0,143	0,15	0,271	0,28	0,550	0,52	1,251	1,33
296	0,186	0,16	0,354	0,34	0,721	0,69	1,638	1,61
366	0,231	0,26	0,438	0,45	0,891	0,87	2,026	2,00
436	0,275	0,29	0,522	0,49	1,062	1,03	2,413	2,22

За даними табл. 1 побудовані графічні теоретичні та експериментальні залежності між обертальним моментом і деформацією шпонок, показані на рис. 8.

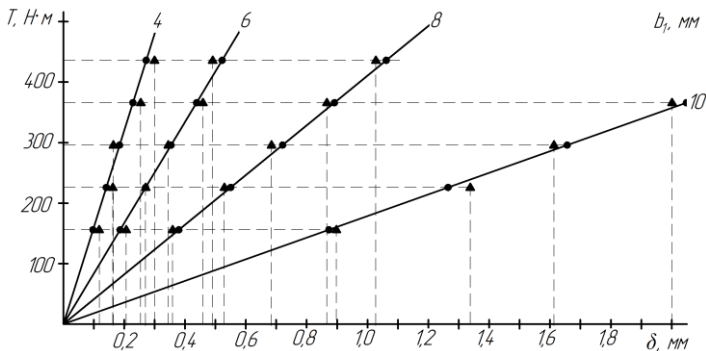


Рис. 8. Графічні залежності між обертальним моментом і деформацією шпонки: ● – теоретичні; ▲ – експериментальні

Висновки. Результати проведених експериментальних досліджень підтвердили теоретичні положення отримані для пружних призматичних шпонок при передачі ними статичного обертального моменту.

1. Малащенко В. О. Деталі машин. Збірник завдань та прикладів розрахунків / В. О. Малащенко, В. Т. Павлице. – Львів : Новий Світ-2000, 2011. – 216 с.
2. Пат. 52014 Україна, МПК F 16 В 3/00. Пружна призматична шпонка / Стрілець О. Р., Малащенко В. О., Стрілець В. М.; заявник і власник патенту Національний університет водного господарства та природокористування. – у № 201001578; заявл. 15.02.10; опубл. 10.08.10, Бюл. № 15, 2010 р.
3. Пат. 56071 Україна, МПК F 16 В 3/00. Пружна призматична шпонка / Стрілець О. Р., Малащенко В. О., Стрілець В. М.; заявник і власник патенту Національний університет водного господарства та природокористування. – у № 201007432; заявл. 14.06.10; опубл. 27.12.10, Бюл. № 24, 2010 р.
4. Пат. 56666 Україна, МПК F 16 В 3/00. Пружна призматична шпонка / Стрілець О. Р., Малащенко В. О., Стрілець В. М.; заявник і власник патенту Національний університет водного господарства та природокористування. – у №201007393; заявл. 14.06.10; опубл. 25.01.11, Бюл. № 2, 2011 р.
5. Пат. 61951 Україна, МПК F 16 В 3/00. Пружна призматична шпонка / Стрілець О. Р., Малащенко В. О., Стрілець В. М.; заявники і власники патенту Національний університет водного господарства та природокористування і Національний університет «Львівська політехніка». – у № 201014574; заявл. 06.12.10; опубл. 10.08.11, Бюл. № 15, 2011 р.
6. Пат. 62872, Україна, МПК F 16 В 3/00. Пружна призматична шпонка / Стрілець О. Р., Малащенко В. О., Стрілець В. М.; заявники і власники патенту Національний університет водного господарства та природокористування і Національний університет «Львівська політехніка». – у № 201014575; заявл. 06.12.10; опубл. 26.09.11, Бюл. №18, 2011 р.
7. Малащенко В. О. Навантажувальна здатність пружних шпонкових з'єднань типу „вал – маточина”/ В. О. Малащенко, О. Р. Стрілець, В. М. Стрілець // Вісник НТУ

”ХПІ”. Збірник наукових праць. Тематичний випуск „Проблеми механічного приводу”. – Харків: НТУ ”ХПІ”, 2010. – № 26. – С. 65-71. **8.** Малащенко В. О. Обґрунтування кінематико-силових параметрів з’єднань з пружними шпонками / В. О. Малащенко, О. Р. Стрілець, В. М. Стрілець // MOTROL (Motoryzacja i energetyka rolnictwa). – Tom 12 В. – Lublin, 2010. – С. 145-152. **9.** Малащенко В. О. Підвищення навантажувальної здатності пружних призматичних шпонок / В. О. Малащенко, О. Р. Стрілець, В. М. Стрілець // Підйомно-транспортна техніка. – Дніпропетровськ, 2011. – № 4. – С. 38-41. **10.** Малащенко В. О. Навантаження та деформації призматичних шпонок з пружними вставками / В. О. Малащенко, О. Р. Стрілець, В. М. Стрілець // Вісник Нац. унту ”Львівська політехніка”. Динаміка, міцність та проектування машин і приладів. – 2011. – № 701. – С. 69-74. **11.** Пат. 2094763 Російська Федерация, МПК G 01 M 13/00. Стенд для испытаний упругих призматических шпонок / Стрелец В. Н.; заявитель и обладатель патента Стрелец Владимир Николаевич. – № 5004124/28; заявл. 07.08.91; опубл. 27.10.97, Бюл. № 30, 1997 г. **12.** Пат. 62303А Україна, МПК G 01 M 13/00. Стенд для випробувань пружних призматичних шпонок / Стрілець В. М., Костюк О. П., Панчук Р. Т.; заявник і власник патенту Національний університет водного господарства та природокористування. – № 200312119; заявл. 03.03.03; опубл. 15.12.03, Бюл. № 12, 2003 р. **13.** Пат. 50704 Україна, МПК G 01 M 13/00. Стенд для дослідження пружних шпонкових з’єднань / Стрілець О. Р., Малащенко В. О., Стрілець В. М.; заявник і власник патенту Національний університет водного господарства та природокористування. – у № 200912119; заявл. 25.11.09; опубл. 25.06.10, Бюл. № 12, 2010 р. **14.** Пат. 68123 Україна, МПК G 01 M 13/00. Стенд для дослідження шпонкових з’єднань / Стрілець О. Р.; заявник і власник патенту Національний університет водного господарства та природокористування. – у № 201111929; заявл. 11.10.11 р; опубл. 12.03.12, Бюл. № 5. **15.** Малащенко В. О. Обладнання для експериментального дослідження статичних та динамічних характеристик пружних шпонкових з’єднань / В. О. Малащенко, О. Р. Стрілець, В. М. Стрілець // Вісник ТНТУ. – Тернопіль : ТНТУ, 2012. – № 1(65). – С. 89-96. **16.** Зінько Р. В. Методика експериментальних досліджень роботи механічних систем : методичний посібник./ Р. В. Зінько, І. С. Лозовий, М. І. Черевко, Ю. М. Черевко. – Львів : ЛІСВ, 2009. – 160 с. **17.** Горбоконенко В. Д. Метрологія в вопросах і ответах / В. Д. Горбоконенко, В. Е. Шикина. – Ульяновск : УлГТУ, 2005. – 196 с.

Рецензент: д.т.н., професор Кравець С. В. (НУВГП)

Strilets O. R., Post-graduate Student, (National University «Lviv Polytechnic»), **Assistant** (National University of Water Management and Nature Resources Use, Rivne)

EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE RESILIENT KEY CONNECTIONS STATICS

Methods of experimental research of the resilient prismatic keys connections statics are described by showing dependences between there deformations, torque and sizes, and conclusions in comparison with theoretical research were made.

Keywords: experiment, connections, resilient prismatic key, deformation.

Стрилец О. Р., аспирант (Национальный университет «Львовская политехника»), **ассистент** (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТАТИКИ УПРУГИХ ПРИЗМАТИЧЕСКИХ ШПОНОК

Описана методика экспериментальных исследований статике соединений с упругими призматическими шпонками, а именно зависимости между их деформациями, крутящим моментом и размерами, сделаны соответствующие выводы в сравнении с теоретическими исследованиями.

Ключевые слова: эксперимент, соединения, упругие призматические шпонки, деформация.