

**Висновки**

1. Припущення про рівність меж текучості конструкційних сталей при розтязі і згині є неправомірним.
2. Межа текучості вуглецевої конструкційної сталі при згині щонайменше на 22 % вища межі текучості при розтязі.
3. До стандартних механічних характеристик конструкційної сталі повинні належати:
  - 1) межа текучості і межа міцності при згині; .
  - 2) межа витривалості при віддольових циклах розтягу і згину.

**Література**

1. Павлов В. С. Визначення чинників, що впливають на граничне значення критерію міцності / В. С. Павлов // Вісник Хмельницького національного університету. – 2008. – № 1. – С. 37– 43.
2. Павлов В. С. Повна схематизована діаграма граничних амплітуд напружень / В. С. Павлов // Вісник Хмельницького національного університету. – 2009. – № 3. – С. 25– 30.
3. Корнілов О. А. Опір матеріалів: [підручник] / О. А. Корнілов. – К.: ЛОГОС, 2002 – 562 с.
4. Писаренко Г. С. Справочник по сопроотивленню материалов / Г. С. Писаренко А. П. Яковлев, В. В. Матвеев. – К.: Наукова думка, 1988. – 734 с.

Надійшла 26.3.2011 р.

УДК 621.81

Б.Ф. ППА, М.М. РУБАНКА

Київський національний університет технологій та дизайну

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РІЗЬБОВИХ З'ЄДНАНЬ ВАЛІВ  
НЕРЕВЕРСИВНИХ ВУЗЛІВ ТА МЕХАНІЗМІВ МАШИН**

*Представлено результати досліджень з удосконалення різьбових з'єднань валів. Запропоновано нову конструкцію з'єднання валів нереверсивних вузлів та механізмів машин – різьбове з'єднання з фрикційною шайбою, що дозволяє знизити величину напружень в різьбовому з'єднанні валів, і тим самим підвищити ефективність його роботи. Наведено метод вибору параметрів та оцінки працездатності і ефективності роботи запропонованого з'єднання валів.*

*The results of researches are presented from the improvement of screw-thread connections of billows. The new construction of connection of billows of unreversible knots and mechanisms of machines – screw-thread connection is offered with a friction puck, that allows to reduce the size of tensions in screw-thread connection of billows, and the same to promote efficiency of his work. The method of choice of parameters and estimation of capacity and efficiency of work of the offered connection of billows is resulted.*

Ключові слова: різьбове з'єднання валів, різьбове з'єднання валів з фрикційною шайбою, напруження в різьбовому з'єднанні, ефективність різьбового з'єднання валів.

**Вступ**

Надійність та довговічність роботи вузлів та механізмів машин, в тому числі і машин легкої промисловості, в значній мірі залежать від надійності з'єднання валів між собою. В сучасних вузлах та механізмах машин з'єднання валів між собою здійснюється за допомогою муфт [1– 3]. Великий зовнішній діаметр муфт, що в 3 і більше разів перевищує діаметр з'єднуваних валів, та їх вага [1] призводять до збільшення моменту інерції обертальних мас механічної системи, де використовується з'єднання валів, що в свою чергу, викликає значні динамічні навантаження [4] і, в цілому, призводить до зниження надійності та довговічності роботи з'єднання. Відоме також різьбове з'єднання нереверсивних валів [5]. З'єднання валів здійснюється за допомогою циліндричного різьбового стержня, кінці якого загвинчуються в різьбові отвори кінців валів. При цьому торці валів притискаються один до одного, створюючи необхідний момент сил тертя. Недоліком такого з'єднання валів є значні напруження, що виникають в різьбовому з'єднанні, що призводить до зниження надійності та довговічності його роботи.

Таким чином питання удосконалення конструкцій з'єднання валів з метою підвищення надійності та довговічності їх роботи є актуальним для машинобудування, зокрема легкого.

Об'єктом досліджень обрано різьбове з'єднання валів нереверсивних вузлів та механізмів машин та метод вибору його параметрів, здатних забезпечити працездатність такого з'єднання та ефективно підвищити надійність і довговічність його роботи.

При розв'язанні задач, поставлених у даній роботі, були використані сучасні методи теоретичних досліджень, що базуються на теорії деталей машин, теорії міцності та опору матеріалів.

Завданням досліджень стала розробка нової конструкції різьбового з'єднання валів нереверсивних вузлів та механізмів машин – різьбового з'єднання з фрикційною шайбою.

**Основний розділ**

Аналіз існуючих конструкцій з'єднань валів дає змогу запропонувати новий тип з'єднання, що

дозволяє підвищити ефективність його роботи. Запропоноване авторами з'єднання (рис. 1) відноситься до різьбового з'єднання нереверсивних вузлів та механізмів машин.

З'єднання валів містить ведучий 1 і ведений 2 вали та засіб для з'єднання валів, виконаний у вигляді різьбового з'єднання, зовнішня різьба 3 якого розташована на кінці 4 ведучого вала 1, а внутрішня різьба 5, параметри якої співпадають з параметрами зовнішньої різьби 3, розташована всередині глухого отвору 6 кінця веденого вала 2. Причому кінець 4 виконано меншого діаметра (зовнішній діаметр різьби) ніж діаметр ведучого вала 1. З'єднання валів містить також фрикційну шайбу 7, розташовану на кінці 4 ведучого вала 1 між його торцем та торцем веденого вала 2. Фрикційна шайба 7 може бути виконана, наприклад, із металокераміки ФМК – 11. В цьому випадку коефіцієнт тертя в зоні притиску торців ведучого 1 та веденого 2 валів до фрикційної шайби 7 збільшується приблизно в 4 рази в порівнянні з випадком відсутності фрикційної шайби [6].

З'єднання ведучого 1 і веденого 2 валів виконується та працює таким чином. Обмежуючи можливість обертання веденого вала 2, у внутрішню його різьбу 5 загвинчують кінець 4 ведучого вала 1 з попередньо надітою на нього фрикційною шайбою 7. При подальшому обертанні ведучого вала 1 його кінець 4 ще більше угвинчується в різьбу 5 глухого отвору 6 веденого вала 2, притискуючи торець ведучого вала 1 до фрикційної шайби 7 та останньої до торця веденого вала 2. За рахунок сил тертя, що виникають в зоні притиску торців валів до фрикційної шайби, та сил пружності кінця 4 ведучого вала 1 здійснюється подальша передача крутного моменту від ведучого вала 1 до веденого вала 2.

Розбір з'єднання валів відбувається у зворотній послідовності.

При цьому слід відмітити, що запропоноване з'єднання валів працює лише за умови нереверсивного їх обертання, що має місце в багатьох типах машин.

Розглянемо особливості розрахунку запропонованого з'єднання валів.

Умова працездатності запропонованого з'єднання має вигляд:

$$T_1 = kT, \quad (1)$$

де  $T_1$  – сила тертя, що виникає в зоні притиску торців валів до фрикційної шайби,

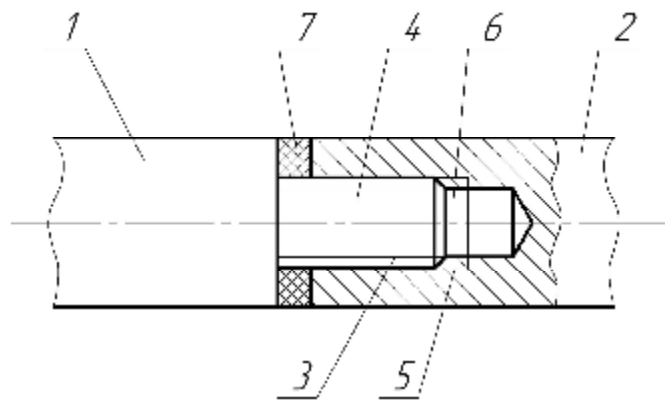


Рис. 1. Схема різьбового з'єднання валів з фрикційною шайбою

$$T_1 = \frac{1}{3} Q f \cdot \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}, \quad (2)$$

$Q$  – сила притиску торців валів до фрикційної шайби (осьова сила, зумовлена різьбовим з'єднанням);

$f$  – коефіцієнт тертя пар торці валів – фрикційна шайба;

$D$  – діаметр вала;

$d$  – зовнішній діаметр різьби;

$k$  – коефіцієнт надійності з'єднання;

$T$  – крутний момент, що передається ведучим валом веденому.

Із умови міцності різьбового з'єднання валів (з'єднання відноситься до типу різьбових з'єднань, навантажених осьовою силою і крутним моментом) маємо [2]:

$$d_1 = 1,3 \sqrt{\frac{Q}{[s_p]}}, \quad (3)$$

де  $d_1$  – внутрішній діаметр різьби;

$[s_p]$  – допустиме напруження розтягу матеріалу різьбового стержня (кінець ведучого вала).

Із рівнянь (2), (3), враховуючи умову (1), знаходимо необхідну силу притиску валів:

$$Q = \frac{3kT}{f} \cdot \frac{D^2 - d^2}{D^3 - d^3}, \quad (4)$$

$$Q = \frac{d_1^2 [s_p]}{1,69} = \frac{d^2 [s_p]}{2,856}, \quad (5)$$

де  $d_1 = \frac{d}{1,3}$  (для метричних різьб) [2].

Прирівнюючи (4), (5), одержуємо:

$$d = 2,93 \sqrt{\frac{kT}{f[s_p]} \cdot \frac{D^2 - d^2}{D^3 - d^3}} \quad (6)$$

Підставивши (5) в (2), можемо знайти величину крутного моменту, що його може передати різьбове з'єднання валів:

$$T = \frac{d^2 [s_p] f}{8,568 k} \cdot \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} \quad (7)$$

При з'єднанні сталевих валів (найбільш поширений випадок в машинобудуванні) та наявності між ними фрикційної шайби, виконаної із металокераміки ФМК – 11, можемо прийняти:  $[s_p] = 80 \text{ МПа}$ ,  $f = 0,6$  [3, 6]. Тоді вирази (6), (7) приймають вигляд:

$$d = 0,423 \sqrt{kT \cdot \frac{D^2 - d^2}{D^3 - d^3}}, \quad (8)$$

$$T = 5,61 d^2 \frac{D^3 - d^3}{(D^2 - d^2)k} \quad (9)$$

Прийнявши із конструктивних міркувань  $d = 0,5D$ , вирази (7), (9) набувають більш зручного для практики інженерних розрахунків вигляду:

$$T = 1,09 d^3 f [s_p] \frac{1}{k}, \quad (10)$$

$$T = 13,08 d^3 \frac{1}{k} \quad (11)$$

Важливим при проектуванні різьбових з'єднань валів запропонованого типу є перевірка їх працездатності із умови обмеження питомого тиску в зоні взаємодії торців валів з фрикційною шайбою:

$$p = \frac{4Q}{p(D^2 - d^2)} \leq [p], \quad (12)$$

де  $p, [p]$  – відповідно діючий та допустимий питомий тиск в зоні взаємодії торців валів з фрикційною шайбою.

В якості подальшого удосконалення різьбового з'єднання валів можна запропонувати з'єднання, схема якого представлена на рис. 2. На відміну від запропонованого раніше з'єднання, в даному з'єднанні в кінцях обох валів виконані різьбові отвори, а з'єднання валів здійснюється за допомогою додаткового засобу з'єднання валів, виконаного у вигляді диска зі стержнями 4, 5 з різьбою. З метою збільшення коефіцієнту тертя в зоні взаємодії торців валів з поверхнями диску засобу з'єднання валів використані дві фрикційні шайби 12, 13, надіті відповідно на стержні 4, 5.

Слід відмітити, що з'єднання валів (рис. 2) працездатне лише за умови нереверсивного їх обертання, як і з'єднання, представлене на рис. 1.

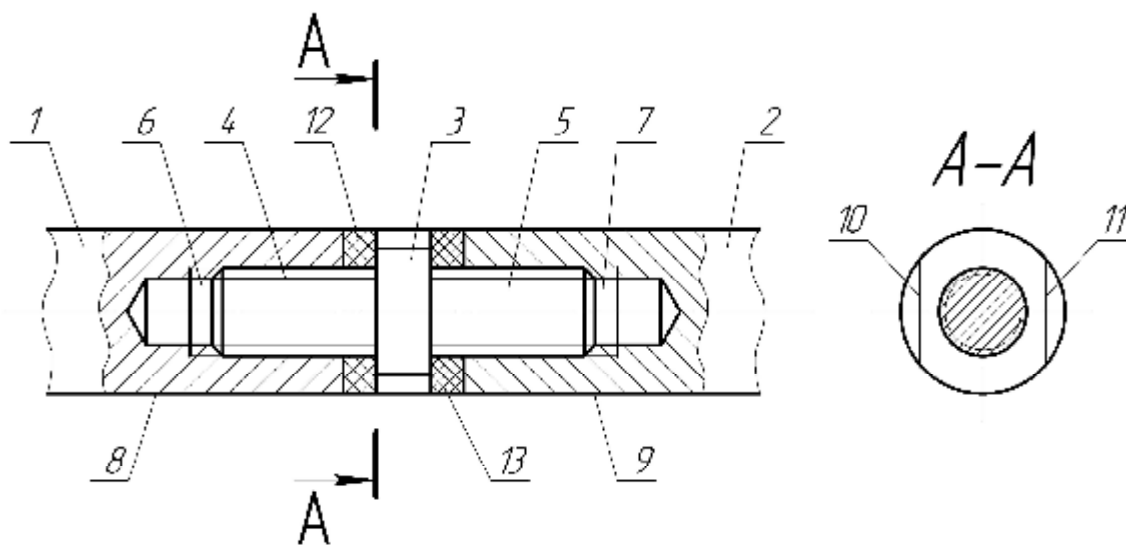


Рис. 2. Схема різьбового з'єднання валів з засобом для з'єднання та фрикційними шайбами: 1 – ведучий вал; 2 – ведений вал; 3 – засіб для з'єднання валів; 4, 5 – різьбові стержні; 6, 7 – різьбові отвори; 8, 9 – поверхні відповідно ведучого та веденого валів; 10, 11 – лиски; 12, 13 – фрикційні шайби

Аналізуючи результати досліджень, можемо зробити наступні висновки:

- запропоноване з'єднання валів відноситься до різьбового з'єднання і може бути використано для з'єднання окремих валів вузлів та механізмів машин між собою, зокрема для з'єднання вала електродвигуна з валом редуктора;
- різьбове з'єднання дозволяє значно зменшити інерційність механічної системи, де воно використовується і, таким чином, зменшити динамічні навантаження, що зумовлює підвищення надійності та довговічності роботи з'єднання;
- запропоноване з'єднання валів працездатне лише при умові нереверсивного їх обертання, що має місце в переважній більшості механізмів і машин;
- навантажувальна здатність запропоновано з'єднання може бути значно підвищена шляхом використання фрикційних шайб, встановлених між торцями валів;
- методика вибору параметрів різьбового з'єднання валів може бути використана при розробці нових перспективних видів з'єднань валів.

### Література

1. Поляков В. С. Справочник по муфтам / Поляков В. С., Барабаш И. Д., Ряховский О. А. – [2-е изд.]. – Л.: Машиностроение, 1979. – 351 с.
2. Піпа Б. Ф. Деталі машин / Піпа Б. Ф., Хомяк О. М., Марченко А. І. – К.: КНУТД, 2011. – 358 с.
3. Гузенков П. Г. Детали машин / Гузенков П. Г. – М.: Высшая школа, 1982. – 351 с.
4. Піпа Б. Ф. Динаміка круглов'язальних машин / Піпа Б. Ф., Хомяк О. М., Павленко Г. І. – К.: КНУТД, 2005. – 294 с.
5. Пат. 27215 на корисну модель. Україна. F 16 B 21/00. З'єднання валів / Б. Ф. Піпа, І. В. Поладич (Україна). – Опубл. 25.10.2007, 2 с.
6. Райко М. В. Расчет деталей и узлов машин / Райко М. В. – К.: Техніка, 1966. – 500 с.

Надійшла 3.3.2011 р.

УДК 678.08

Ю.Б. МИХАЙЛОВСЬКИЙ, В.В. ЗАЯЦЬ  
Хмельницький національний університет

## ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ IMPACT ДЛЯ НЕЛІНІЙНОГО ДИНАМІЧНОГО АНАЛІЗУ МЕТОДОМ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ У РОТОРНИХ ДИСКОВИХ ПОДРІБНЮВАЧАХ

*Розглянуто особливості систем що використовують метод кінцевих елементів для вирішення інженерних та наукових задач. Наведено опис принципу роботи та можливості програмного продукту Impact, що використовується для нелінійного динамічного аналізу методом кінцевих елементів процесу подрібнення полімерних матеріалів у роторному дисковому подрібнювачі.*

*The features of the systems that use the method of eventual elements for the decision of engineering and scientific tasks have been considered in the article. Description of work principle and possibilities of Impact (software product) that is used for a nonlinear dynamic analysis by the method of eventual elements of growing process of polymeric materials in the rotor-disk grinder has been introduced in the article.*

Ключові слова: метод кінцевих елементів, динамічний аналіз, подрібнювач, полімерні матеріали, Impact.

### Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими практичними завданнями

Будь-яка інженерна розробка повинна задовольняти визначені критерії. Відповідність цим критеріям можлива тільки за комплексної оцінки впливу геометричних параметрів, властивостей використовуваних матеріалів і умов роботи виробу. Проведення такого аналізу з урахуванням всезростаючої складності інженерних розрахунків можливе лише із застосуванням найефективніших сучасних комп'ютерних технологій. Задачі з невеликою кількістю факторів доцільно розв'язувати аналітичним способом. Але що робити зі складними задачами, в яких кількість невідомих дуже велика? Для розв'язання таких задач використовуються чисельні методи, в основу яких покладена заміна розрахункової моделі з безперервним розподілом параметрів і нескінченним числом ступенів свободи дискретною моделлю, що має кінцеве число невідомих. Серед чисельних методів найбільш розповсюдженим є метод кінцевих елементів (МКЕ). Цей метод найзручніший для реалізації на ЕОМ.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми

**Impact** – програмний комплекс для нелінійного динамічного аналізу методом кінцевих елементів. Використовується для виконання інженерного аналізу і допомагає вирішувати багато проблем в області проектування міцних і легких конструкцій, модифікації виробів, що вже випускаються, скоротивши витрати