

**А.Г.АНДРЕЄВ**, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПІ»;  
**В.О.БЕЛОСТОЦЬКИЙ**, канд. техн. наук, доц., Харківський національний технічний університет сільського господарства;  
**О.В.ЩЕПКИН**, наук. співр., НТУ «ХПІ»

## ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ГАЙКИ ЗІ СТОПОРНИМ ПОСАДОЧНИМ КІЛЬЦЕМ

Стаття присвячена дослідженню напружено-деформованого стану самостопорної гайки в умовах експлуатації при посадці її на вал з натягом, що тягне за собою переміщення в сполучних точках й може негативно впливати на надійність стопоріння при динамічних навантаженнях.

The given article is devoted probe of the is intense-deformed condition of a self-stopped nut at maintenance with a condition of its landing to the shaft with a tightness that involves migrations to the inter-faced points and can negatively affect reliability of latching at dynamic loads.

Гайка зі стопорним посадочним кільцем [1] застосовується в різьбових з'єднаннях для безступінчатого затягування або регулювання деталей, забезпечуючи тим самим високу надійність стопорення при динамічних навантаженнях.

Перед загвинчуванням стопорне кільце нагрівається і після охолодження виявляється посадженим на вал з натягом. Можливе також складання та розбирання таких з'єднань в холодному стані. Подібне з'єднання призводить до виникнення моменту пружних сил, які діють на посадочне кільце і викликають його поворотну деформацію.

Досліджувався напружено-деформований стан гайки зі стопорним посадочним кільцем типу М42-50-2,5, із зовнішнім діаметром кільця 50 мм, товщиною циліндрової перемички 2,5 мм, діаметром посадки 36 мм, натягом стандартної посадки  $30 \cdot 10^{-6} \dots 144 \cdot 10^{-6}$  м (рис. 1). Дія закріплюваною за допомогою гайки деталі імітується силою  $F$ .

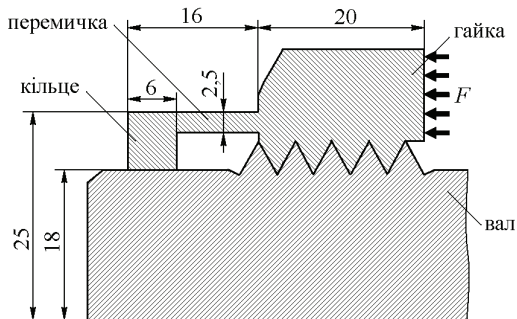


Рисунок 1 – Гайка зі стопорним посадочним кільцем

Конструкція розглядається як тіло обертання. Для розрахунку напружено-деформованого стану й розв'язання температурної задачі був застосований метод скінчених елементів [2-4]. Конструкція апроксимується тороїдальними скінченими елементами трикутного поперечного перерізу з трьома вузлами. Дослідження процесу у деталях перерозподілу тепла вимагає розв'язання нестационарної температурної задачі, яка описується рівнянням

$$[C] \frac{\partial \vec{T}}{\partial t} + [K] \vec{T} = \vec{F},$$

де  $\vec{T}$  – вектор температур,  $t$  – час,  $[C]$  – матриця демпфування тіла,  $[K]$  – матриця теплопровідності,  $\vec{F}$  – вектор зовнішніх навантажень.

При розв'язанні нестационарної задачі частинна похідна за часом замінюється її кінцево-різницевою аналогом із застосуванням центральної різницевої схеми

$$\frac{d\vec{T}}{dt} = \frac{\vec{T}^{(1)} - \vec{T}^{(0)}}{\Delta t},$$

звідки

$$\left( [K] + \frac{2}{\Delta t} [C] \right) \vec{T}^{(1)} = \left( \frac{2}{\Delta t} [C] - [K] \right) \vec{T}^{(0)} + \vec{F}^{(0)} + \vec{F}^{(1)},$$

де  $\Delta t = t^{(1)} - t^{(0)}$  – крок за часом,  $\vec{T}^{(0)}$ ,  $\vec{F}^{(0)}$ ,  $\vec{T}^{(1)}$ ,  $\vec{F}^{(1)}$  – вектори-стовпці температурних полів і правих частин рівняння у момент часу  $t^{(0)}$  і  $t^{(1)}$  відповідно.

Для дослідження контактної взаємодії деталей у процесі складання використовуються контактні елементи, які з'єднують вузли контактуючих деталей і моделюють стан сила-зсув або зазор, а також теплопередачу в зоні контакту. Контактний елемент містить 2 вузли з однаковими координатами, що належать до суміжних контактуючих тіл, і має довжину  $L$  уздовж лінії контакту в площині поперечного перерізу (вся область, де можливий контакт, має бути «розподілена» між контактними елементами).

Зону діючого контакту й величину прослизання або зазору знаходять ітераційним шляхом, на кожній ітерації після визначення НДС уточнюється стан кожного з контактних елементів. Контактний термічний опір  $R$  залежить чистоти обробки дотичних поверхонь, температури, тиску  $\sigma$  в зоні контакту або величини зазору  $B_G$ . Термічний контактний опір зручно оцінювати величиною еквівалентної товщини матеріалу  $B$ , температурний перепад на якій відповідає температурному стрибку в зоні контакту (рис. 2).

Характеристики матеріалу конструкції: модуль пружності  $E = 2,1 \cdot 10^5$  МПа; коефіцієнт Пуассона  $\nu = 0,33$ ; коефіцієнт лінійного розширення  $\alpha = 12 \cdot 10^{-6}$  град $^{-1}$ ; щільність  $\rho = 7800$  кг/м $^3$ ; питома теплоємність  $c = 460$  Дж/кг  $\cdot$  град.; коефіцієнт теплопровідності  $\lambda = 80$  Вт/м  $\cdot$  град.; коефіцієнт тертя в зоні контакту  $f = 0,15$ ; термічний опір у зоні контакту  $R = 176 \cdot 10^{-3}$ ;  $84 \cdot 10^{-3}$ ;  $15 \cdot 10^{-3}$  м $^2$   $\cdot$  град/Вт (при стискаючій напрузі, яка дорівнює 0, 10, 100 МПа відповідно) [5].

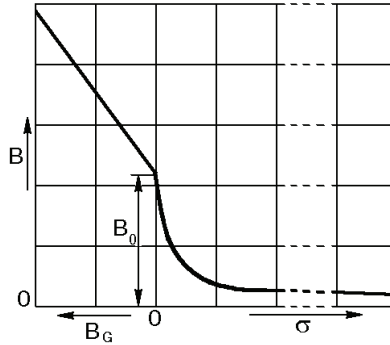


Рисунок 2 – Залежність еквівалентної товщини  $B$  контактного елемента від стану зони контакту

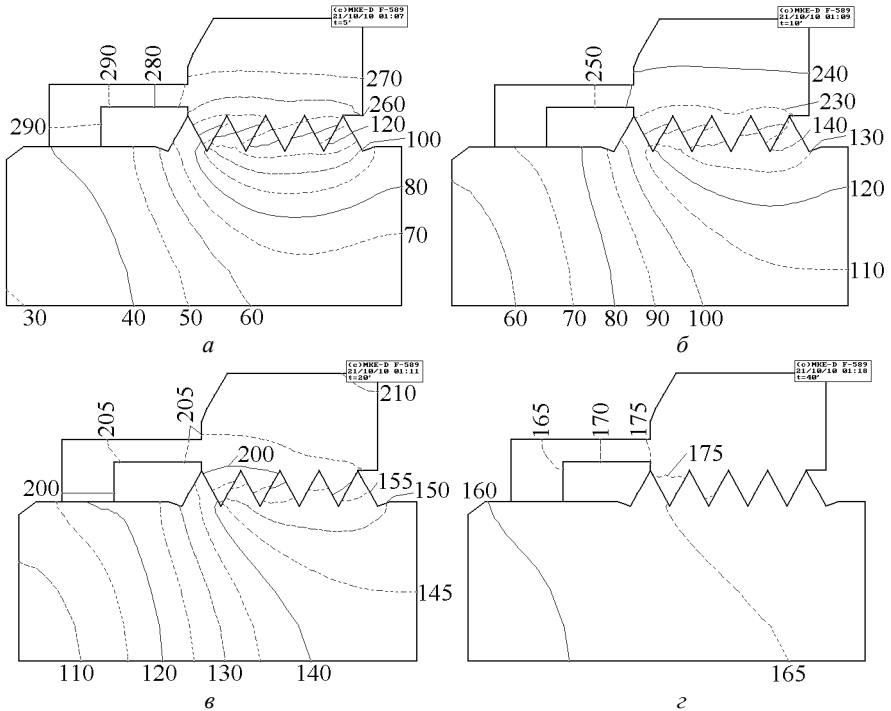


Рисунок 3 – Розподіл температури в гайці та у валу у моменти часу 5 с (*a*), 10 с (*б*), 20 с (*в*) і 40 с (*г*) з початку з'єднання деталей

На рис. 3 показаний процес теплопередачі після загвинчування на вал гайки, нагрітої до температури  $320\text{ }^{\circ}\text{C}$ , величина діаметрального натягу прийнята  $30 \cdot 10^{-6}\text{ м}$ .

На рис. 4 представлений розподіл напружень в зоні контакту стопорного кільця з валом. З'єднання деталей без нагріву призводить до часткового розкриття посадки вал-стопорне кільце (рис. 5, а) – стопорне кільце повертається, розкриваючи посадку назустріч валу, що входить, а надалі повертається в іншому напрямі (рис. 5, б).

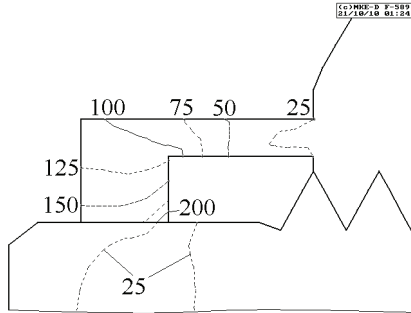


Рисунок 4 – Розподіл еквівалентних напружень в зоні контакту стопорного кільця гайки з валом після остигання, МПа

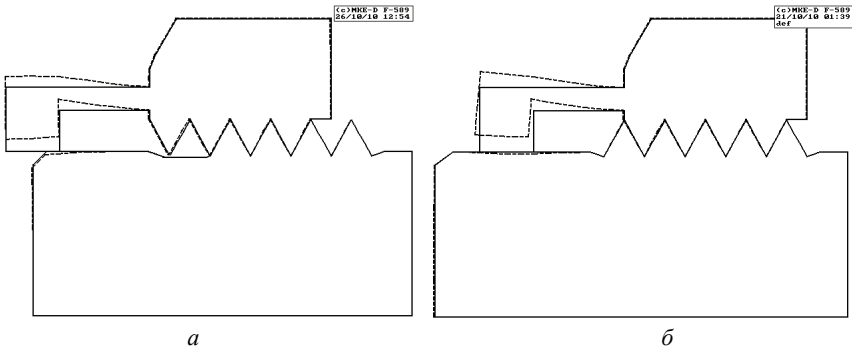


Рисунок 5 – Схема деформування з'єднання валу з гайкою при загвинчуванні без нагріву

На рис. 6 показаний розподіл напружень і схема деформування в деталі при навантаженні гайки силою  $F$  величиною 1 т (див. рис. 1), яка імітує вплив деталі, яка закріплена гайкою. Найбільші напруги виникають на внутрішньому торці стопорного елемента.

Дослідження процесу складання з'єднання з використанням стопорної гайки дозволяє зробити наступні висновки: час вирівнювання температури нагрітої гайки і вала після складання становить приблизно 1 хв; нагрів гайки до  $320\text{ }^{\circ}\text{C}$  дозволяє проводити теплову посадку, якщо натяг не більший  $60 \cdot 10^{-6}$  м; при збільшенні натягу більше  $60 \cdot 10^{-6}$  м на внутрішньому торці стопорного елемента з'являються пластичні деформації.

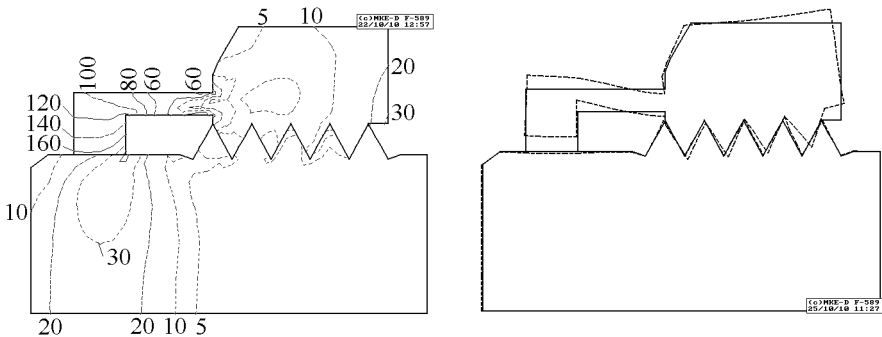


Рисунок 6 – Розподіл еквівалентних напружень і схема деформування в стопорній гайці при її навантаженні силою  $I$  т, яка імітує вплив закріпленої деталі

**Список літератури:** 1. А.с. № 179556 СССР. Самостопорящаяся гайка / Г.Я.Андреев, В.А.Белостоцкий, Н.М.Лактионов, Б.М.Арпентьев, В.И.Кушаков // Бюл. изобрет. – 1966. – № 5. 2. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. М.: Мир, 1975. 541 с. 3. Сегерлинд Р. Применение метода конечных элементов. М.: Мир, 1979. 392 с. 4. Чигарев А.В., Кравчук А.С., Смлюк А.Ф. ANSYS для инженеров: справочное пособие. – М.: Машиностроение, 2004. – 512 с. 5. Миллер В.С. Контактный теплообмен в элементах высокотемпературных машин. – Киев: Наукова думка, 1966. – 164 с.

Надійшла до редколегії 14.09.2010

УДК 539.374

**В.Г.БАБАДЖАНОВА**, Сумгаитский государственный университет,  
Азербайджан

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОМЕРНОЙ НЕСВЯЗАННОЙ ЗАДАЧИ ТЕРМОВЯЗКОУПРУГОСТИ

Пов'язані і не пов'язані задачі про термомеханічний ударі по в'язкопружних тілу досліджені багатьма авторами в конкретних ядрах. Залежність властивості матеріалу від температури, тобто залежність функцій релаксації і повзучості від температури істотно ускладнюють зазначені завдання. У статті вирішується одновимірна незв'язана завдання термов'язкоупругості за допомогою інтегрального перетворення Лапласа і методом малого параметра для довільних спадкових ядер.

Related and unrelated tasks on thermomechanical impact on the viscoelastic body studied by many authors in specific nuclei. The dependence of material properties on temperature, ie dependence of relaxation and creep functions of the temperature significantly complicate the task. Article solved one-dimensional unrelated tasks thermoviscoelasticity using the integral Laplace transform and the method of small parameter for arbitrary hereditary kernels.