

## ТЕМПЕРАТУРНІ НАПРУЖЕННЯ В ТРИШАРОВІЙ ТЕРМОЧУТЛИВІЙ ПОРОЖНИСТІЙ КУЛІ, СПРИЧИНЕНІ ТЕРМОСИЛОВИМ НАВАНТАЖЕННЯМ

Володимир Горошко

Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я. С. Підстригача  
НАН України, ssserty123@gmail.com

У приладо- і машинобудуванні, тепловій та атомній енергетиці, космічній техніці широке застосування знаходять шаруваті елементи конструкції кульової форми. Їх виготовлення та експлуатація у широких діапазонах температур вимагає якомога точного визначення теплового та термопружного станів, що призводить до необхідності врахування залежності фізико-механічних характеристик матеріалів шарів та параметрів теплообміну з довкіллям від температури (термочутливість матеріалу). Це приводить до потреби розв'язування нелінійної задачі теплопровідності із нелінійними умовами теплообміну з довкіллям, а також системи відповідних рівнянь термопружності зі змінними коефіцієнтами [1-4].

На основі моделі незв'язаної задачі термопружності визначено стаціонарний розподіл температури та компоненти напружено-деформованого стану елемента конструкції, що має форму тришарової порожнистої кулі з внутрішнім  $r = r_1$  і зовнішнім  $r = r_4$  радіусами відповідно. На поверхні  $r = r_1$  підтримується стала температура  $t_i$ , а через поверхню  $r = r_4$  кулі відбувається конвективно-променевий теплообмін із довкіллям температури  $t_o$ . На поверхнях контакту сусідніх шарів  $r = \{r_2, r_3\}$ , які виготовлені з різних термочутливих матеріалів, виконуються умови ідеального теплового контакту (рівність температур і теплових потоків). Куля також нагрівається джерелами тепла, розташованими у другому її шарі.

З використанням перетворення Кірхгофа отримано аналітично-числовий розв'язок нелінійної задачі теплопровідності для такої кулі за допомогою методики визначення теплового стану шаруватих циліндрів і куль [2, 3].

Визначення компонент напружено-деформованого стану розглядуваної кулі, спричиненого знайденим температурним полем та рівномірно  
<http://www.iapmm.lviv.ua/chyt2017>

## **Конференція молодих учених «Підстригачівські читання – 2017», 23–25 травня 2017 р., Львів**

розподіленими навантаженнями на її поверхнях, зведено до розв'язування сукупності інтегральних рівнянь Вольтерри 2-го роду щодо радіальних та сумарних напружень та задоволення певних інтегральних умов [2, 4]. За результатами числового аналізу температури та компонент напружень досліджено вплив на їх величини термочутливості матеріалів та параметрів термосилового навантаження.

1. Кушнір Р. М., Попович В. С. Про визначення усталеного термопружного стану багатошарових структур за високотемпературного нагрівання // Вісн. Київськ. нац. ун-ту ім. Тараса Шевченка. Сер. Фіз.-мат. науки. – 2013. – № 3. – С. 42–47.
2. Попович В. С., Калиняк Б. М. Математичне моделювання та методика визначення статичного термопружного стану багатошарових термочутливих циліндрів // Мат. методи та фіз.-мех. поля. – 2014. – 57, № 2. – С. 169–186.
3. Попович В. С., Горошко В. О., Ракоча І. І. Математичне моделювання теплового стану трьохшарової порожнистої кулі за складного теплообміну // Сучасні проблеми термомеханіки: зб. наук. Праць / за заг. ред. Р.М. Кушніра [Електронний ресурс]. – Львів: ІППММ ім. Я.С. Підстригача НАН України, 2016. – С. 213–216. – Режим доступу: [www.iapmm.lviv.ua/MPT2016](http://www.iapmm.lviv.ua/MPT2016).
4. Горошко В. О., Калиняк Б. М., Попович В. С., Ракоча І. І. Математичне моделювання і визначення термопружного стану тришарової порожнистої кулі за складного теплообміну // Прикл. проблеми мех. і мат. – 2016. – Вип. 14. – С. 123–132.

### **TEMPERATURE STRESSES IN THREE-LAYER THERMOSENSITIVE HOLLOW SPHERE CAUSED THERMAL AND POWER LOADS**

*The mathematical model of the thermal and thermo-stressed state of the three-layer thermal sensitive hollow sphere at complicated heat exchange with an environment, constant force loading on its boundary surfaces has been considered. The sphere is heated by heat source in the middle layer. The ideal thermo-mechanical contacts are present between the neighbour layers. The analytic-numerical solution of the heat transfer problem and analytic expressions for thermal-stressed state using reduction of the unbounded thermo-elasticity problem to the solving the set of Volterra integral equations and defined integral condition were obtained. The influence of the temperature dependence of material properties in the layers on temperature distribution and temperature stresses taking into account the dependence on thermal and power loading was analyzed.*