

**Конференція молодих учених «Підстригачівські читання – 2020»,
26–28 травня 2020 р., Львів
УДК 539.3**

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВЕРХНІ МАТЕРІАЛУ ПІД ЗАХИСНИМ ДІЕЛЕКТРИЧНИМ ШАРОМ

Юрій Бойчук

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

На практиці часто виникає необхідність визначення температури об'єктів з високою теплопровідністю, які покриті діелектричним шаром. До таких об'єктів можна віднести елементи конструкцій і приладів із захисними, тепло- та електроізоляційними покриттями, шаруваті структури електронної техніки. Такі покриття використовують в будівництві, енергетиці, машино- та приладобудуванні [1, 2], а також для захисту поверхонь конструкцій літальних апаратів від нагрівання, впливу гарячого газового потоку, циклічного теплового навантаження чи від переохолодження у космічному просторі [3, 4, 5]. Однак часто цей покрив унеможливує безпосередній контакт термометра із поверхнею об'єкта, натомість поверхня покриття доступна для контактного вимірювання температури. Вона обмінюється теплом із зовнішнім середовищем, тому її температура, зазвичай істотно відрізняється від температури об'єкта. Перепад температури на покритті залежить від його товщини, теплофізичних, радіаційних характеристик, а також від інтенсивності теплообміну із середовищем.

Задачу визначення температури матеріалу під його поверхневим шаром можна розв'язувати розрахунковим способом на основі даних вимірювання температури поверхні контактним методом. Для цього слід сформулювати задачу теплообміну в кусково-однорідній системі «об'єкт – діелектричний покрив», в якій крайові умови визначені за даними вимірювання температури на поверхні покриття. Розв'язок цієї крайової задачі дозволяє визначити температуру об'єкта.

Проте за високих температур на тепловий стан системи істотно впливатиме радіаційний теплообмін. У цьому випадку температура поверхні покриття залежатиме як від потоків ІЧ-випромінювання в об'ємі діелектрика, так і від теплового випромінювання з поверхні у зовнішнє середовище [6]. Тому, щоб досягнути необхідної точності визначення температури об'єкта, необхідно врахувати у математичній моделі радіаційний механізм теплообміну. Це істотно ускладнює задачу, оскільки необхідно розглядати інтегро-диференціальну систему рівнянь теплообміну, яка включає в себе

Конференція молодих учених «Підстригачівські читання – 2020», 26–28 травня 2020 р., Львів

взаємозв'язані і нелінійні рівняння теплопровідності та перенесення випромінювання [6].

У доповіді розглянута задача визначення температури поверхні матеріалу, який покритий плоским діелектричним шаром заданої товщини за даними вимірювання температури вільної поверхні покриву. Між шаром та поверхнею, температуру якої визначаємо, існує ідеальний тепловий контакт. Вільна поверхня покриву обмінюється теплом із зовнішнім середовищем за радіаційним та конвективним механізмами. Перенесення тепла в об'ємі діелектричного шару відбувається за кондуктивним та променевим механізмами. Задачу кондуктивно-променевого теплообміну розв'язували із використанням розробленого ітераційного підходу, чисельна реалізація якого досягалася шляхом застосуванням скінченно-елементної апроксимації.

1. *Maziar D., Yousef R., et al. Convection–radiation heat transfer in solar heat exchangers filled with a porous medium: Homotopy perturbation method versus numerical analysis // Renewable Energy. – 2015. – Vol. 74. – P. 448–455.*
2. *Розененкова В. А., Солнцев С. С. и др. Керамические покрытия для градиентных высокотемпературных теплозащитных материалов // Стекло и керамика. – 2013. – №1. – С. 29–33.*
3. *Daryabeigi K. Combined Heat Transfer in High-Porosity High Temperature Fibrous Insulations: Theory and Experimental Validation // Journal of Thermophysics and Heat Transfer. – 2011. – Vol. 2, № 4. – P. 536–546.*
4. *Бородай М. В., Коломієць І. Д., Бородай Д. М. Дослідження впливу температури на оптичні характеристики теплозахисної ізоляції космічного корабля багаторазового використання. // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2011. – № 1. – С. 29–34.*
5. *Гусарова И. А., Манько Т. А. Изучение теплоизоляционных свойств термостойких материалов для возвращаемых космических аппаратов // Вісник Дніпропетровського університету. Серія : Ракетно-космічна техніка. – 2014. – Т. 22, вип. №17(1). – С. 35–41.*
6. *Chekurin V., Boichuk Yu., Mathematical model for emission IR tomography of a temperature field in an isotropic layer. // Journal of Mathematical Sciences, March – 2018. – 229, № 3. – P. 320–334.*

METHOD FOR DETERMINING SURFACE TEMPERATURE OF THE MATERIAL UNDER PROTECTIVE DIELECTRIC LAYER

The problem for identification of surface temperature of the material under protective dielectric layer has been considered in the paper Data obtained by measuring the surface temperature of the layer are considered as the informative parameter. The problem was solved with the use of earlier developed iterative algorithm for nonlinear boundary-value problem of heat transfer.