

МОДЕЛЮВАННЯ СТАЦІОНАРНОГО КОНДУКТИВНО-ПРОМЕНЕВОГО ТЕПЛООБМІНУ В КУСКОВО-ОДНОРІДНОМУ ПЛОСКОМУ ШАРІ, ЩО ПОГЛИНАЄ, ВИПРОМІНЮЄ ТА РОЗСИОЄ ІЧ-РАДІАЦІЮ В ОБ'ЄМІ ТА НА ПОВЕРХНЯХ РОЗДІЛУ СЕРЕДОВИЩ

Бойчук Ю. В.

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

Задачі теплообміну в суцільних середовищах за дії кондуктивного, променевого та конвективного механізмів перенесення енергії часто розв'язують у теплофізиці високих температур [1] та різних прикладних дисциплінах – у напівпровідниковій та мікроелектронній технології, металургії [2], космічних техніці й технології [3], теорії теплофізичних вимірювань [4] тощо.

У рамках P_1 -наближення отримано аналітичний розв'язок одновимірної стаціонарної задачі кондуктивно-променевого теплообміну в кусково-однорідному шаруватому тілі, яке утворене двома плоскими шарами із різними радіаційними та теплофізичними характеристиками, які перебувають у ідеальному тепловому та радіаційному контакті між собою. У моделі враховано поглинання, розсіяння та емісію ІЧ випромінювання середовищами неоднорідно нагрітих шарів, а також конвективний теплообмін тіла із навколишнім середовищем через одну із його поверхонь. Інша поверхня перебуває у стані ідеального теплового та радіаційного контакту зі стороннім абсолютно чорним тілом, температура T_0 якого задана.

Отримано аналітичні залежності, які визначають стаціонарні температурне поле та інтенсивність потоку випромінювання в кусково-однорідному шаруватому тілі, а також інтенсивність випромінювання та радіаційний тепловий потік поза його межами залежно від температури нагрівання T_0 , теплофізичних та радіаційних властивостей його матеріалу і відношення товщин шарів.

Сформульовану задачу стаціонарного теплообміну розв'язано із використанням наближення радіаційної рівноваги та розвинення розв'язку за поліномами Лежандра [5]. Цей підхід приводить до безмежної системи звичайних диференціальних рівнянь, яку розв'язували методом редукції.

Конференція молодих учених «Підстригачівські читання – 2014», 28–30 травня 2014 р., Львів

У рамках P_1 -наближення для випадку ізотропного розсіювання отримано аналітичний розв'язок задачі. На цій основі проведено кількісні дослідження розподілів температури та потоку випромінювання в кусково-однорідному тілі залежно від теплофізичних, радіаційних та геометричних характеристик шарів. Визначено аналітичні залежності температури поверхні тіла та потоку випромінюваної ним ІЧ-енергії, залежно від температури T_0 .

Проведені кількісні дослідження виявили істотну залежність параметрів теплового випромінювання в тілі та поза його межами від теплофізичних і радіаційних властивостей шарів, відношення їх товщин, а також від температури нагрівання T_0 . Отримані формули, які можна використати для розробки безконтактного методу вимірювання температури тіла шару 1 через теплоізоляційний шар 2 з використанням як інформативних параметрів температури T_2 поверхні теплоізоляційного шару, який охолоджується конвективно, так і з допомогою інтенсивності випромінювання та потоку ІЧ-випромінювання з цієї поверхні.

1. Siegel R., Howell J., Howell. J. R. Thermal radiation heat transfer // N.Y.: Taylor & Francis. – 2009. – P. 857.
2. Скуратов А. П. Вопросы математического моделирования сложного теплообмена в высокотемпературных технологических установках цветной металлургии // Сибирский федеральный университет. – 2012. – С. 1-13.
3. Мокрецова И. А., Зуев А. В. Математическое моделирование и оптимизация процесса теплопереноса в многослойных теплозащитных покрытиях много-разовых космических аппаратов // ВИАМ. – 2012. – С. 1 – 10.
4. Raghu V. Infrared thermography // Croatia – 2012. – P. 236.
5. Оцисик М. Н. Сложный теплообмен. – М.: Мир, 1976. – 605 с.

MODELING OF STATIONARY CONDUCTIVE AND RADIATIVE HEAT EXCHANGE IN A PIECEWISE HOMOGENEOUS LAYER, EMITTING ABSORBING AND SCATTERING IR-RADIATION IN THE BULK AND ON THE INTERFACE SURFACES

A mathematical model and iterative method for solving of a non-linear heat exchange problem in a plane piece-wise homogeneous layer, consisting of two layer with different thermal and thermoelastic characteristics, has been considered. The model takes into account conductive and radiative mechanisms of energy transfer in bulk of the layer and in the material interfaces, and convective heat exchange on the body's free surface. The method enables to split the problem and to solve the equations of thermal conductivity and radiation transport consequently. An analytical solution of the problem was obtained for the case of local radiative equilibrium in each layer. Possibilities to use the solution for non-contact temperature measuring and for developing of methodology for non-destructive identification of piece-wise bodies structure and their thermal and thermoelastic characteristics have been discussed.