

5. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ГАЛУЗІ

УДК 674. 047

Доц. І.М. Озарків, д-р техн. наук; доц. О.Б. Ференц,
канд. техн. наук – НЛТУ України, м. Львів; доц. П.М. Рибіцький,
канд. техн. наук – Архангельський ДТУ, Росія

РОЗРАХУНОК ПРОМЕНЕВОГО ТЕПЛООБМІНУ НА ОСНОВІ МАТРИЧНОГО МЕТОДУ

Наведено спосіб розв'язання радіаційної задачі променевого теплообміну на основі матричного методу.

*Assist. prof. I.M. Ozarkiv; assist. prof. O.B. Ferenz – NUFWT of Ukraine, L'viv;
assist. prof. P.N. Rybitski – Arkhangelsk STU, Russia*

Ray heat exchenge caleulation with matrix method application

The method of ray heat exchenge caleulation usins matrix method has been discussed.

Створення рівномірності нагрівання поверхні матеріалу, що сушиться при інфрачервоному опроміненні його, є однією із основних умов отримання високої якості сушіння. Для закритих геліосушарок, наприклад, на величину та рівномірність розподілення густини потоку променів мають значний вплив як оптично-геометричні параметри джерела випромінювання, огорожень камери, об'єкту опромінення, так і їх розміщення один відносно іншого. При цьому за рахунок багаторазових відбивань потоків електромагнітного випромінювання від різних оптичних поверхонь в таких сушарках стабілізуються умови опромінення.

Але враховуючи те, що, зазвичай, у променевому теплообміні беруть участь 3-5 окремих поверхонь (як "сірих", так і "абсолютно чорних"), то для розрахунку густин цих теплових потоків і температур поверхонь, що беруть участь в променевому теплообміні, доцільно використовувати матричний метод, як один із відомих стандартних математичних методів.

Потік енергії випромінювання, висушеного поверхнею 1, що падає на поверхню 2 і нею поглинається, визначається за формулою

$$q_{12} = F_1 \cdot \varphi_{12} \cdot E_{v_1}, \quad (1)$$

де: F_1 – площа поверхні; φ_{12} – кутовий коефіцієнт вимірювання від поверхні 1 до поверхні 2; E_{v_1} – густина потоку власного випромінювання тіла.

Відповідно, потік енергії, що випромінений поверхнею 2 і поглинений поверхнею 1, визначається

$$q_{21} = F_2 \cdot \varphi_{21} \cdot E_{v_2}, \quad (2)$$

Тоді результуючий потік променевого теплообміну між поверхнями 1 та 2 становитиме

$$q_{рез.,12} = g_{12} - q_{21} = F_1 \cdot \varphi_{12} \cdot E_{v_1} - F_2 \cdot \varphi_{21} \cdot E_{v_2}. \quad (3)$$

Використавши властивості взаємності потоків до рівняння (3), отримаємо

$$q_{рез.,12} = F_1 \cdot \varphi_{12} \cdot (E_{в_1} - E_{в_2}). \quad (4)$$

Отримане рівняння (4) представимо в загальній формі закону Ома, тобто, як різницю потенціалів, що розділена на тепловий опір. Таким чином, загальний вираз для результуючого потоку між поверхнями i та j буде мати вид

$$q_{рез.,ij} = \frac{E_{в_i} - E_{в_j}}{1/(F_i \cdot \varphi_{ij})}. \quad (5)$$

Зауважимо, що тепловий опір обумовлений тим, що не все електромагнітне випромінювання, яке випущене поверхнею i , досягне поверхні j . При цьому величина $1/(F_i \cdot \varphi_{ij})$ буде представляти геометричний опір, а потенціалами в тепловому ланцюгу будуть густини потоків випромінювання обох поверхонь "сірих" або "чорних". Величини цих потоків будуть визначатись для цих поверхонь через температуру за допомогою закону Стефана – Больцмана.

Розглянемо сушильну систему, що містить сірі поверхні. Зауважимо, що при падінні випромінювання на сіру поверхню частина випромінювання відбивається поверхнею. Тому, відбите випромінювання потрібно враховувати при розрахунку променевого теплообміну такої системи.

Випромінювання, що виходить від сірої поверхні, називають ефективним випромінюванням, а густину потоку ефективного випромінювання буде дорівнювати сумі густин потоків власного випромінювання та відбитого випромінювання, тобто

$$q_{эф} = \xi \cdot E_v + \bar{R} - E_{пад}, \quad (6)$$

де: ξ – ступінь чорноти (випромінююча здатність); $\bar{R}$ – інтегральний коефіцієнт відбивання; $E_{пад}$ – густина потоку падаючого випромінювання.

Тоді, результуючий тепловий потік від "сірої" поверхні буде дорівнювати різниці теплових потоків ефективного та падаючих випромінювань на поверхню, тобто

$$q_{i,рез} = F_i \cdot (q_{эф.,i} - E_{пад.,i}). \quad (7)$$

Таким чином, рівняння (5), із врахуванням рівнянь (6) та (7), можна представити

$$(q_i)_{рез} = \frac{E_{в_i} - q_{эф}}{R_i/(\xi_i \cdot F_i)}. \quad (8)$$

Тепловий опір $R_i/(\xi_i \cdot F_i)$ буде представляти поверхневий опір.

Відзначимо, якщо радіаційна задача променевого теплообміну має в собі чотири і більше поверхонь, то задача визначення густин теплових потоків (пряма задача) і температур (зворотна задача) математичними методами вимагає багато часу для їх розрахунку. Тому, одним із найпростіших методів, який можна використовувати для аналізу променевого теплообміну, є матричний метод.

Розглянемо випадок, коли температури всіх поверхонь, які утворюють замкнуту систему, невідомі, а густина результуючого теплового потоку на всіх поверхнях задана. Тобто, коли формулу результуючої густини потоку для кожної, наприклад, із трьох поверхонь

$$(q_1)''_{\text{рез}} = \frac{\xi_1}{R_1} (E_{v_1} - q_{\text{эф.1}}) = q_{\text{эф.1}} - (\varphi_{11} \cdot q_{\text{эф.1}} + \varphi_{12} \cdot q_{\text{эф.2}} + \varphi_{13} \cdot q_{\text{эф.3}}) \quad (9)$$

можна буде перетворити в матричну форму із відомими величинами, виключивши при цьому невідомі E_v і включивши відомі $(q_{\text{рез}})''$.

Зауважимо, що $(q_{\text{рез}})''$ – густина результуючого потоку для трьох поверхонь. Тому, в результаті для поверхні 1 замкнутої системи, що складається із трьох поверхонь, запишемо

$$(1 - \varphi_{11}) \cdot q_{\text{эф.1}} + (-\varphi_{12}) \cdot q_{\text{эф.2}} + (-\varphi_{13}) \cdot q_{\text{эф.3}} = (q_1)''_{\text{рез}} \quad (10)$$

Аналогічні вирази можна записати і для двох інших поверхонь.

Тому, для нашого випадку, коли температура поверхонь невідома, а задані тільки значення густин результуючого потоку на кожній із трьох поверхонь, то рівняння (10) означає, що позадіагональні елементи матриці A в матричному рівнянні

$$A \cdot j = B \quad (11)$$

будуть

$$a_{ij} = -\varphi_{ij} \quad (i \neq j), \quad (12)$$

а елементи діаграми будуть дорівнювати

$$a_{ii} = 1 - \varphi_{ii}. \quad (13)$$

Елементи матриці B записують таким чином:

$$b_i = (q_i)''_{\text{рез}}. \quad (14)$$

При такій формі запису елементи обох матриць A і B відомі. Тому, як тільки будуть визначені елементи A і B , то отримаємо такий розв'язок: виконуючи перетворення матриці A , в результаті отримаємо матрицю C . Тоді елементи матриці густини потоку ефективного випромінювання визначають рівнянням

$$j = C \cdot B, \quad (15)$$

тоді, значення температур поверхонь можна визначити як

$$E_{v_i} = G_0 \cdot T_i^4 = \frac{R_i}{\xi_i} (q_i)''_{\text{рез}} + q_{\text{эф.,i}}. \quad (16)$$

Або

$$T_i = \left[\frac{1}{\sigma_0} \left(\frac{R_i}{\xi_i} \cdot (q_i)''_{\text{рез}} + q_{\text{эф.,i}} \right) \right]^{1/4}. \quad (17)$$

Таким чином, ми бачимо, що матричний метод є зручним і дуже потужним засобом для розв'язання задач променевого теплообміну.

У випадку плоских поверхонь генератора і об'єкта сушіння інтенсивність теплообміну визначиться в загальному випадку

$$q = \xi \cdot \sigma_0 \left[\left(\frac{T_{Т.В}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{П.М}}{100} \right)^4 \right], \quad (18)$$

а ступінь густини для такого випадку

$$\xi = \frac{1}{\frac{1}{\xi_1} + \frac{1}{\xi_2} + \frac{1}{\xi_3} - 1}. \quad (19)$$

Література

1. Озарків І.М. Науково-технічні основи конвективно-радіаційного сушіння деревини / Дис... докт. техн. наук. – Львів, 2006. – 404 с.

УДК [332.364+332.365]:504

Доц. А.М. Вічевич, канд. екон. наук;
аспір. Д.Р. Яцюк – НЛТУ України, м. Львів

КЛЮЧОВІ АСПЕКТИ ВЗАЄМОЗАЛЕЖНОСТІ ПРИРОДНИХ ТА ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Повторення економічної стратегії розвинутих країн країнами "третього" світу може істотно зруйнувати навколишнє середовище. Тому значна кількість країн світу висловлюється за дотримання принципів сталого розвитку. Аналіз позицій різних авторів стосовно даної проблеми свідчить про те, що стійкий розвиток доцільно розглядати у часі із врахуванням таких параметрів: трудові ресурси, засоби виробництва, природні ресурси, інституціональний фактор.

Assist. prof. A.M. Vichevych;
post-graduate D.R. Yacyuk – NUFWT of Ukraine, L'viv

Key aspects of interdependence of natural and economic processes

The replication of economic strategy of Third World countries can essentially destroy the environment. In this respect, a considerable number of world countries sticks to the principles of sustainable development. The analysis of viewpoints of different authors on this problem shows that sustainable development should be considered in time taking into account the following parameters: human resources, means of production, natural resources, institutional factors.

Взаємодія з природою завжди була і є однією зі складових діяльності людини. Водночас глобального екологічного відтинку ця взаємодія набула тільки відтоді, коли людство підірвало основи життєдіяльності біосфери, тобто у середині ХХ ст. У цей період внаслідок різкого збільшення населення планети, інтенсивної індустріалізації та урбанізації господарські навантаження перевищили здатність геоекосистеми до самоочищення і регенерації. Внаслідок цього порушився природний кругообіг речовин та енергії у біосфері, під загрозою опинилось здоров'я сучасного і майбутнього поколінь людей. Водночас розвиток світової економіки перебуває у щораз більшій залежності від таких екосистем, як морська, лісова та інші, які виступають джерелом надходжень до неї сировинних та енергетичних ресурсів. Така взаємоза-