

Вертикально-паралельні методи та структури для реалізації базових компонентів нейромережових технологій реального часу. *Науково-технічний журнал "Технічні вісті"* 2010/1(31), 2(32). – С. 166–169. 5. Палагин А.В., Опанасенко В.Н. *Реконфигурируемые вычислительные системы*. – К.: Просвіта, 2006. – 280с. 6. Шалыто А.А. *Методы аппаратной и программной реализации алгоритмов*. – СПб.: Наука. – 2005. – 780 с. 7. Грицик В.В., Ткаченко Р.О., Цмоць І.Г. *Технологія нейрокомп'ютингу реального часу // Вісник Нац. ун-ту "Львівська політехніка" "Комп'ютерні науки та інформаційні технології"*. – Львів, 2010. – № 672 – С. 359–371. 8. С. Хайкин. *Нейронные сети: полный курс, 2-е изд.:Пер. с англ.* – М.: "Вильямс", 2006. 9. Цмоць І.Г. *Інформаційні технології та спеціалізовані засоби обробки сигналів і зображень у реальному часі*. Львів: УАД, 2005. – 227с. 10. Цмоць І.Г., В.Іванців. *Паралельно-вертикальний метод і базова структура пристрою обчислення сум парних добутків // Вісник Нац. ун-ту "Львівська політехніка" "Комп'ютерні науки та інформаційні технології"*. – Львів, 2008. – № 616. – С.27–32. 11. Демида Б.А., Цмоць І.Г., Скорохода О.В. *Методи та алгоритми паралельно-вертикального обчислення сум парних добутків для НВІС-структур // Вісник Нац. ун-ту "Львівська політехніка" "Комп'ютерні науки та інформаційні технології"*. – Львів. – 2010. – № 672. – С. 171–176. 12. Цмоць І.Г., Скорохода О.В. *Принципи побудови комп'ютерних нейросистем реального часу // Збірник наукових праць ЛДІНТ ім. В. Чорновола "Фізико-математичні та технічні науки"*. – Львів. – 2010. – №3. – С. 30–36. 13. Цмоць І.Г., Ткаченко Р.О., Скорохода О.В. *Синтез високоефективних багатошарових перцептронів з неітераційним навчанням // Вісник Нац. ун-ту "Львівська політехніка" "Комп'ютерні науки та інформаційні технології"*. – Львів. – 2009. – № 650. – С. 45–56. 14. Цмоць І.Г. *Принципи розробки і оцінка основних характеристик високопродуктивних процесорів на надвеликих інтегральних схемах // Вісник Держ. ун-ту "Львівська політехніка" "Комп'ютерна інженерія та інформаційні технології"*. – Львів, 1998. – № 349. – С. 5–11.

УДК 004.94

Д. Федасюк, Т. Муха

Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра програмного забезпечення

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОХОЛОДЖЕННЯ ПРИ КРИТИЧНИХ УМОВАХ ЗА РАХУНОК ВИПАРОВУВАННЯ РІДИНИ

© Федасюк Д., Муха Т., 2011

Побудовано модель процесу теплообміну в плоскій пластині, з поверхні якої на початковій стадії відведення тепла відбувається лише за рахунок конвекції. В момент, коли температура пластини стає критичною, на поверхню пластини подається рідина, за рахунок випаровування якої відбувається охолодження. Отримано числовий розв'язок модельної задачі. Проаналізовано динаміку тепловідведення та зміну температурного поля пластини.

Ключові слова: теплообмін, випаровування, конвекція, числовий розв'язок, метод сіток.

The model of the heat exchange process in a flat plate, which surface during first stage dissipates heat only due to convection, has been built. When temperature becomes critical, the liquid is supplied on the surface of the plate, which evaporating cools the plate. The solution of the model problem has been found by a numerical method. The analysis of transient heat dissipation and changes of temperature fields have been made.

Key words: heat transfer, evaporation, convection, numerical solution, net-point method.

Постановка проблеми

Постійне збільшення тепловідлення як електронними системами загалом, так їхніми компонентами, вимагає інтенсифікації тепловідведення. Часто компоненти електронних систем

охолоджують за рахунок конвекції або теплопровідності, які мають обмежені можливості тепловідведення. Ці обмеження пов'язані з невисокою теплопровідністю повітря у випадку конвективного тепловідведення, і міді, у випадку охолодження за рахунок теплопровідності. Збільшення тепловідведення традиційним шляхом досягається за рахунок збільшення об'єму повітря, яке проходить через електронні компоненти, чи приєднанням важких радіаторів до цих компонентів. Крім того, повітряне охолодження спричиняє акустичний шум, а також сприяє потраплянню порошу в електронні компоненти.

Сьогодні активно розвиваються методи охолодження, які використовують випаровування для інтенсифікації тепловідведення. Відведення тепла в такий спосіб має ряд переваг: потік тепла, який відводиться, набагато більший за рахунок відведення тепла у вигляді питомої теплоти пароутворення, не спричиняє акустичного шуму, запобігає потраплянню порошу в електронні компоненти.

Надійність роботи електронних компонентів залежить від температури, за якої вони функціонують. У випадку перевищення безпечних температурних меж зростає ймовірність виходу з ладу. У таких критичних ситуаціях виникає потреба додаткового тепловідведення для утримання температури в безпечних межах. Тому постає задача побудови моделі процесу охолодження за критичних умов за рахунок випаровування рідини, яка б дала можливість дослідити зміну температури в часі та вплив випаровування на тепловідведення.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Автори [1] розглядають статичний горизонтальний шар рідини на поверхні плоскої пластини. Внаслідок нагрівання пластини рідина випаровується. У роботі розглядаються втрата маси, конвекція пари внаслідок випаровування рідини, нестационарні термодинамічні ефекти. Вихідна система рівнянь зводиться до одного еволюційного рівняння завдяки довгохвильовій асимптотиці. Рівняння в часткових похідних розв'язується чисельно.

У роботі [2] автори проаналізували задачі випаровування рідини з не-Дарсі ефектами для вимушеної конвекції над плоскою поверхнею в ізотропному пористому середовищі. Нелінійне рівняння пограничного шару з врахуванням граничних впливів, опору Дарсі, інерційного опору розв'язано методом Келлера. Потік тепла, переданий за рахунок випаровування, зростає набагато швидше, ніж потік тепла, переданий за рахунок теплопровідності. Однак показано, що їх співвідношення практично не змінюється зі зміною температури поверхні.

Результати експериментальних досліджень впливу температури зовнішнього середовища на процес охолодження плоскої поверхні завдяки випаровуванню рідини, яка на неї виливалась, наведено у [3]. Дослідження показали, що кількість тепла, яка відводиться при температурі навколишнього середовища 10°C є на 15,9% менша від кількості тепла, що відводиться при температурі 40°C . Ці результати показують, що кількість водяної пари, яка поглинається при насиченні, впливає на теплопередачу.

У [4] автор відображає результати досліджень для забезпечення відповідних температурних режимів в системах з високим тепловиділенням. Розглянуто такі підходи охолодження, як кипіння, приєднання радіаторів, каналне кипіння, мікроканальні і мініканальні радіатори, струменеве охолодження і розприскування, порівнюються можливості тепловідведення, проаналізовано надійність та проблеми конструктивного виконання. У дослідженні показано, що незважаючи на значне накопичення фундаментальних знань про електронне охолодження за останні два десятиліття, сьогодні існує потреба в створенні інноваційного обладнання для забезпечення відповідних температурних режимів.

Однак для дослідження теплових режимів за критичних умов необхідна модель, яка б враховувала додаткове тепловідведення за рахунок випаровування, яке застосовується у разі перевищення критичного рівня температури.

Мета дослідження

Метою дослідження є побудова математичної моделі нестационарного процесу тепло-масообміну, який існує в нагрітій пластині, з поверхні якої тепло розсіюється шляхом конвектив-

ного теплообміну та масообміну під час випаровування; оцінювання кількості тепла, яке відводиться з поверхні плоскої пластини конвекцією та випаровуванням.

Постановка модельної задачі

Оскільки у більшості елементів їх товщина набагато менша за ширину і довжину, то доцільно припустити, що ми маємо нескінченну пластину завтовшки D з однорідною початковою температурою T_b . Ця пластина знизу нагрівається потоком тепла величиною q_0 . Згори пластина охолоджується за рахунок конвекції. В момент часу, коли температура на нижній поверхні пластини стає більшою за T_{cr} , на верхню поверхню пластини виливається рідина. Утворений шар рідини має набагато меншу товщину, ніж товщина пластини. Температура навколишнього середовища T_∞ , атмосферний тиск P_{atm} .

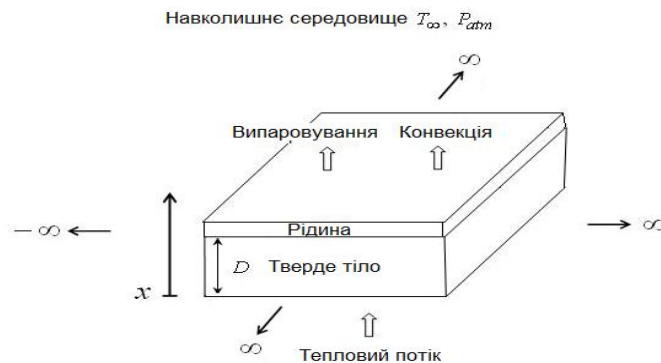


Рис. 1. Нескінченна пластина з шаром рідини на поверхні

На першому етапі процес теплопровідності в пластині описується диференціальним рівнянням у частинних похідних

$$\frac{\partial T_1}{\partial t} = a_s \frac{\partial^2 T_1}{\partial x^2}, \quad (1)$$

з граничними та початковими умовами

$$k_s \frac{\partial T_1}{\partial x} \Big|_{x=0} = -q_0, \quad (2)$$

$$-k_s \frac{\partial T_1}{\partial x} \Big|_{x=D} = q''_{conv}, \quad (3)$$

$$T_1(x, t = 0) = T_b. \quad (4)$$

де $T_1 = T_1(x, t)$ – температура пластини в точці з координатою x , в момент часу t ; a_s ($a_s = \frac{k_s}{c_s \cdot r_s}$) –

коефіцієнт температуропровідності твердого тіла $\left[\frac{M^2}{c} \right]$. k_s, c_s, r_s – коефіцієнт теплопровідності

$\left[\frac{Вт}{м \cdot К} \right]$, питома теплоємність $\left[\frac{Дж}{кг \cdot К} \right]$ і густина $\left[\frac{кг}{м^3} \right]$ відповідно. q''_{conv} – потік тепла, який

відводиться від поверхні за рахунок конвекції $\left[\frac{Вт}{м^2} \right]$, q_0 – величина потоку тепла, який нагріває

тіло $\left[\frac{Вт}{м^2} \right]$.

У момент t_{cr} , коли температура $T_1(0,t) \geq T_{cr}$, на поверхню пластини виливається рідина, і процес теплопровідності описується таким рівнянням:

$$\frac{\partial T_2}{\partial t} = a_s \frac{\partial^2 T_2}{\partial x^2}, \quad (5)$$

Граничні умови:

$$k_s \frac{\partial T_2}{\partial x} \Big|_{x=0} = -q_0, \quad (6)$$

$$-k_s \frac{\partial T_2}{\partial x} \Big|_{x=D} = q''_{conv} + q''_{evap}, \quad (7)$$

Початкова умова:

$$T_2(x, t_{cr}) = T_1(x, t_{cr}). \quad (8)$$

де q''_{evap} – потік тепла, який відводиться від поверхні за рахунок випаровування.

За законом Ньютона

$$q''_{conv} = h(T_i - T_\infty), \quad (9)$$

$$i = \begin{cases} 1, & t \leq t_{cr} \\ 2, & t > t_{cr} \end{cases}$$

де h – коефіцієнт конвективного теплообміну з навколишнім середовищем $\left[\frac{Вт}{м^2 \cdot К} \right]$.

Потік тепла, який відводиться за рахунок випаровування, обчислюється [5]

$$q''_{evap} = h_{fg} \dot{m}''_{fg}, \quad (10)$$

де \dot{m}''_{fg} – потік випаровування рідини $\left[\frac{кг}{м^2 \cdot с} \right]$, h_{fg} – питома теплота випаровування рідини $\left[\frac{Дж}{кг} \right]$.

Потік випаровування \dot{m}''_{fg} отримується із співвідношення [6]:

$$\dot{m}''_{fg} = h \frac{M_A}{R r_a c_a} Le^{-\frac{2}{3}} \left(\frac{p_{A,sat}(T_2(D,t))}{T_2(D,t)} - \frac{p_{A,\infty}}{T_\infty} \right), \quad (11)$$

де M_A – молярна маса рідини $\left[\frac{кг}{моль} \right]$, R – універсальна газова стала, $p_{A,sat}(T_s(D,t))$, $p_{A,\infty}$ – тиск насиченої пари рідини біля поверхні поділу рідина газ при температурі T_s і тиск насиченої пари рідини у навколишньому середовищі при температурі T_∞ [Па], r_a – густина повітря, c_a – питома теплоємність повітря за сталого тиску, $Le = \frac{a_a}{D_{AB}}$ – число Льюїса, a_a – коефіцієнт температуропровідності повітря, D_{AB} – коефіцієнт дифузії для двокомпонентної суміші.

Підставивши (9) та (10) в (7) з урахуванням (11), гранична умова (7) набуває вигляду

$$-k_s \frac{\partial T_2}{\partial x} = h_{fg} h \frac{M_A}{R r_a c_a} Le^{-\frac{2}{3}} \left(\frac{p_{A,sat}(T_2(D,t))}{T_2(D,t)} - \frac{p_{A,\infty}}{T_\infty} \right) + h(T_2(D,t) - T_\infty). \quad (12)$$

Рівняння (12) містить доданок $\frac{p_{A,sat}(T_2(D,t))}{T_2(D,t)}$, тому воно є нелінійним, а отже, нелінійною є й

вся модель. Апроксимуємо $\frac{p_{A,sat}(T_s(D,t))}{T_s(D,t)}$ лінійною функцією вигляду $C_1 T_2 + C_2$, що дає змогу перетворити задачу (1) – (10) на лінійну. Коефіцієнти C_1 і C_2 знаходять методом найменших квадратів.

Загальна кількість тепла, відведена з одиниці площі за деякий період часу випаровуванням та конвекцією, знаходиться

$$Q_{\text{evap}} = \int_{t_1}^{t_2} q_{\text{evap}}'' dt \quad \text{та} \quad Q_{\text{conv}} = \int_{t_1}^{t_2} q_{\text{conv}}'' dt. \quad (13)$$

Кількість речовини, яка випаровується за проміжок часу від t_1 до t_2 з одиниці площі обчислюється

$$m'' = \int_{t_1}^{t_2} \rho'' dt. \quad (14)$$

Числове розв'язування

Розв'язується задача (1) – (10) методом сіток. Вводиться рівномірна сітка з кроком $\Delta x = \frac{D}{N}$ за координатою x , де N – кількість проміжків на які розбивається товщина пластини, та з кроком t – за часовою координатою. Невідома температура апроксимується значеннями $T(x_i, t_n) \approx T_i^n$, де $x_i = i \cdot \Delta x$, $t_n = n \cdot t$. Похідні замінюються скінченно-різницевиими співвідношеннями за схемою Кранка–Ніколсона [7]:

$$\begin{aligned} \left. \frac{\partial T}{\partial t} \right|_{(x_i, t_n)} &\approx \frac{T_i^{n+1} - T_i^n}{t} \\ \left. \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \right|_{(x_i, t_n)} &\approx \frac{1}{2} \cdot \frac{T_{i+1}^{n+1} - 2T_i^{n+1} + T_{i-1}^{n+1}}{\Delta x^2} + \frac{1}{2} \cdot \frac{T_{i+1}^n - 2T_i^n + T_{i-1}^n}{\Delta x^2}. \end{aligned} \quad (15)$$

Похибка апроксимації має порядок $O(\Delta x^2 + t^2)$.

Температура пластини на першому етапі, з урахуванням дискретизації (15), описується СЛАР (16)

$$\begin{cases} \frac{T_i^{n+1} - T_i^n}{t} = a \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{T_{i+1}^{n+1} - 2T_i^{n+1} + T_{i-1}^{n+1}}{\Delta x^2} + \frac{1}{2} \cdot \frac{T_{i+1}^n - 2T_i^n + T_{i-1}^n}{\Delta x^2} \right) & i = \overline{1, N-1}, n = \overline{0, K-1} \\ T_i^0 = T_b, & i = \overline{0, N} \\ -k \frac{T_N^{n+1} - T_{N-1}^{n+1}}{\Delta x} = (T_N^n - T_\infty) \cdot h, & n = \overline{0, K-1} \\ k \frac{T_1^{n+1} - T_0^{n+1}}{\Delta x} = -q_0, & n = \overline{0, K-1} \end{cases} \quad (16)$$

На другому етапі температура описується

$$\begin{cases} \frac{T_i^{n+1} - T_i^n}{t} = a \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{T_{i+1}^{n+1} - 2T_i^{n+1} + T_{i-1}^{n+1}}{\Delta x^2} + \frac{1}{2} \cdot \frac{T_{i+1}^n - 2T_i^n + T_{i-1}^n}{\Delta x^2} \right) & i = \overline{1, N-1}, n = \overline{0, K-1} \\ T_i^0 = T_b, & i = \overline{0, N} \\ -k \frac{T_N^{n+1} - T_{N-1}^{n+1}}{\Delta x} = (AT_N^n + B) \cdot h + (T_N^n - T_\infty) \cdot h, & n = \overline{0, K-1} \\ k \frac{T_1^{n+1} - T_0^{n+1}}{\Delta x} = -q_0, & n = \overline{0, K-1} \end{cases} \quad (17)$$

$$\text{де } A = h_{fg} \frac{M_A}{Rr_a c_a} Le^{-\frac{2}{3}} C_1, \quad B = h_{fg} \frac{M_A}{Rr_a c_a} Le^{-\frac{2}{3}} \left(C_2 - \frac{P_{A,\infty}}{T_\infty} \right).$$

Для знаходження інтегралів (13), (14) використовується числове інтегрування з використанням квадратурної формули середніх прямокутників.

Оскільки з метою забезпечення безумовної стійкості використовується неявна схема, то для знаходження температури для кожного моменту часу розв'язується система лінійних алгебраїчних рівнянь.

Матриці систем (16) та (17) тридіагональні, тому їх доцільно розв'язувати методом прогонки.

Результати моделювання

Для знаходження числового розв'язку задачі (1) – (8) розроблено програмне забезпечення мовою Visual C++.

При проведенні модельних експериментів було використано такі вхідні дані та матеріали:

$$T_b = 293 \text{ }^{\circ}\text{K}, T_{\infty} = 293 \text{ }^{\circ}\text{K}, D = 0,01 \text{ м.}$$

Тверде тіло – мідь:

$$k_s = 401 \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}} \right], c_s = 8933 \left[\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \right], r_s = 385 \left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right].$$

Експеримент проводився для двох рідин:

етиловий спирт [8]:

$$h_{fg} = 837000 \left[\frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \right], M_A = 0,04607 \left[\frac{\text{кг}}{\text{моль}} \right], P_{A,\infty} = 0, D_{AB} = 1,05 \cdot 10^{-5} \left[\frac{\text{м}^2}{\text{с}} \right] [9]. \text{ Для}$$

апроксимації функції $\frac{P_{A,sat}(T_2(D,t))}{T_2(D,t)}$ було використано вузли та значення тиску насичення із [10].

Методом найменших квадратів отримано $C_1 = 5,4496$, $C_2 = -1585,7451$.

ацетон [11]:

$$h_{fg} = 501000 \left[\frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \right], M_A = 0,05808 \left[\frac{\text{кг}}{\text{моль}} \right], P_{A,\infty} = 0, D_{AB} = 1,09 \cdot 10^{-5} \left[\frac{\text{м}^2}{\text{с}} \right] [9]. \text{ Для}$$

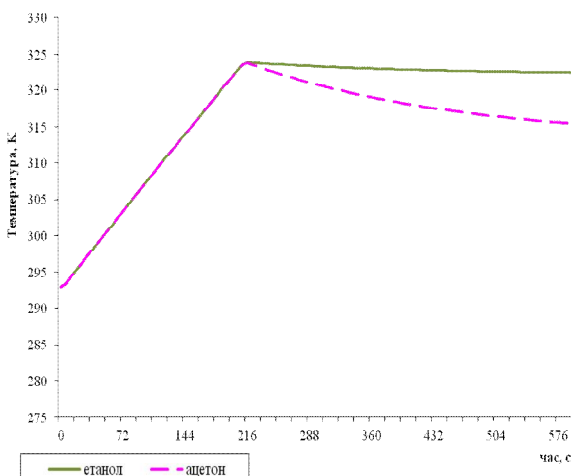
апроксимації функції $\frac{P_{A,sat}(T_2(D,t))}{T_2(D,t)}$ було використано вузли та значення тиску насичення із [10]. За

допомогою методу найменших квадратів отримано такі значення для констант $C_1 = 5,9761$, $C_2 = -1648,3703$.

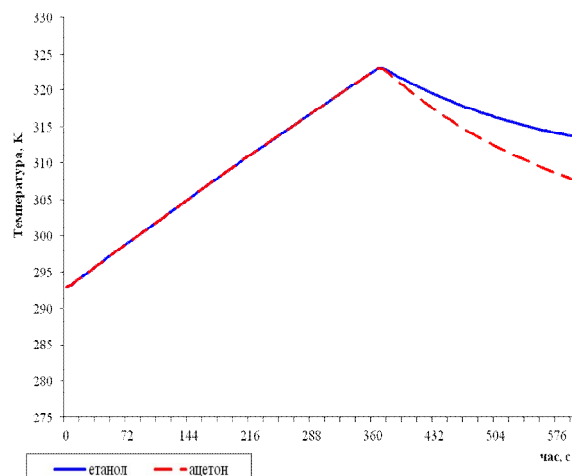
Газ – повітря:

$$r_a = 1,1614 \left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right], c_a = 1007 \left[\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \right], a_a = 2,25 \cdot 10^{-5} \left[\frac{\text{м}^2}{\text{с}} \right].$$

Результати моделювання отримано на рівномірній сітці 100 (за просторовою координатою) на 100 (за часовою координатою).



а



б

Рис. 2. Зміна температури нижньої поверхні пластили при:

$$a - q''_0 = 5200; \quad б - q''_0 = 3000$$

На рис. 2 наведено графік зміни температури пластини в точці $x=0$ під час виливання ацетону та етилового спирту для різних значень теплового потоку q_0'' . Рідина виливається на поверхню пластини, коли температура нижньої поверхні пластини ($x=0$) стає більшою за $T_{cr} = 323[K]$. При проведенні модельних експериментів використано середнє значення коефіцієнта конвективного теплообміну для вільної конвекції $h = 12$ [12].

Зміни температури нижньої поверхні пластини з часом для режиму вимушеної конвекції відображено на рис. 3. При моделюванні використано середнє значення коефіцієнта конвективного теплообміну для цього режиму $h = 140$ [12]. На рис. 3 наведено графік зміни температури пластини в точці $x=0$ під час виливання ацетону та етилового спирту для різних значень теплового потоку q_0'' .

Досліджено зміни кількості теплоти, яка відведена за рахунок випаровування та конвекції з часом для обох рідин. Дослідження проведено для режиму вільної конвекції при $q_0'' = 5200$ та вимушеної конвекції при $q_0'' = 60000$.

На рис. 6. наведено зміни потоків тепла, які відводяться за рахунок конвекції та випаровування з часом для режиму вільної та вимушеної конвекції.

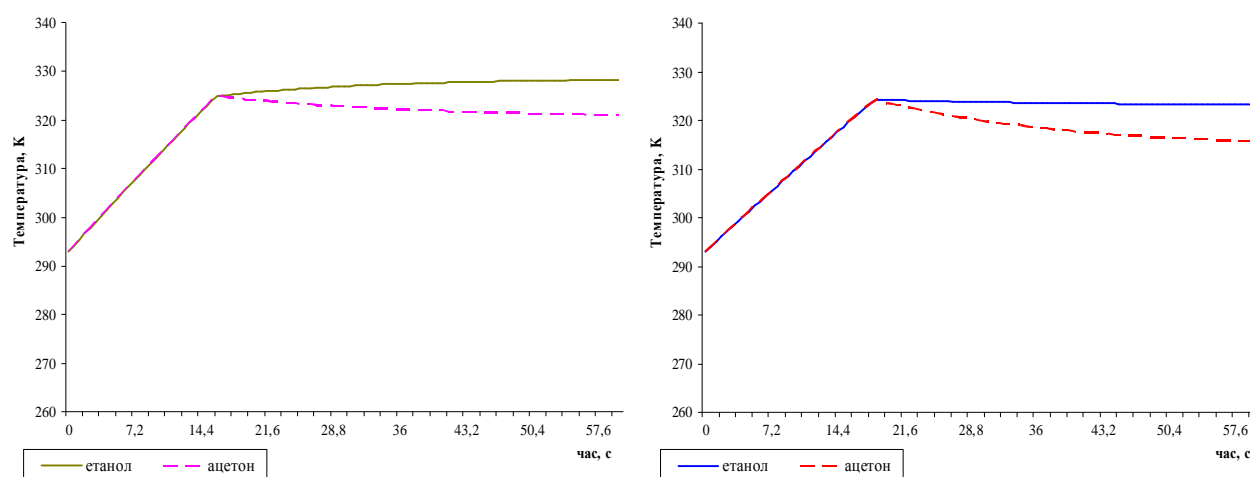


Рис. 3. Зміна температури нижньої поверхні пластини при:
 $a - q_0'' = 70000$; $b - q_0'' = 60000$

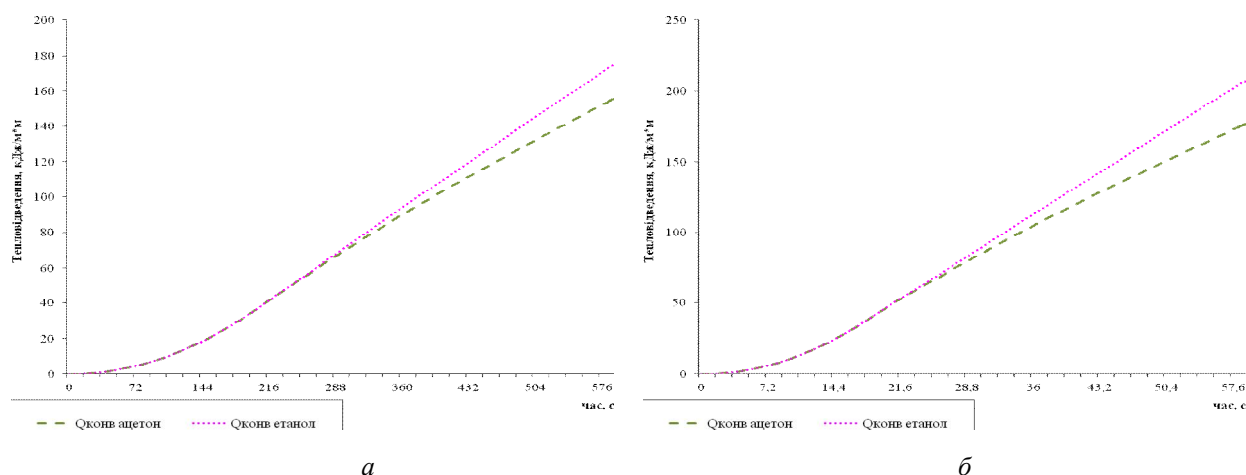


Рис. 4. Кількість теплоти, яка відведена за рахунок конвекції при:
 $a - q_0'' = 5200$; $b - q_0'' = 60000$

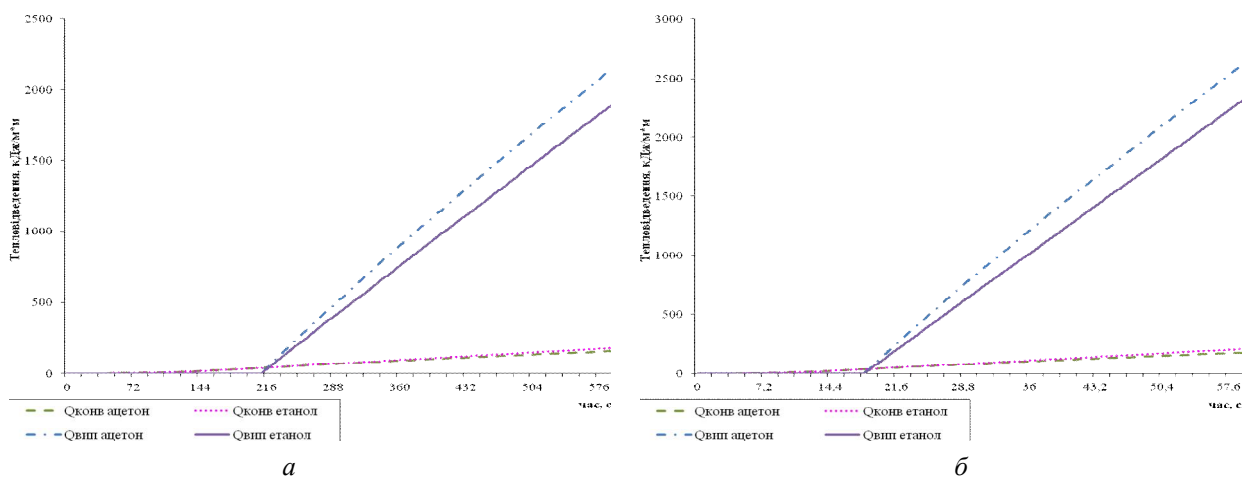


Рис. 5. Кількість теплоти, відведена конвекцією та випаровуванням при:
 $a - q_0'' = 5200$; $b - q_0'' = 60000$

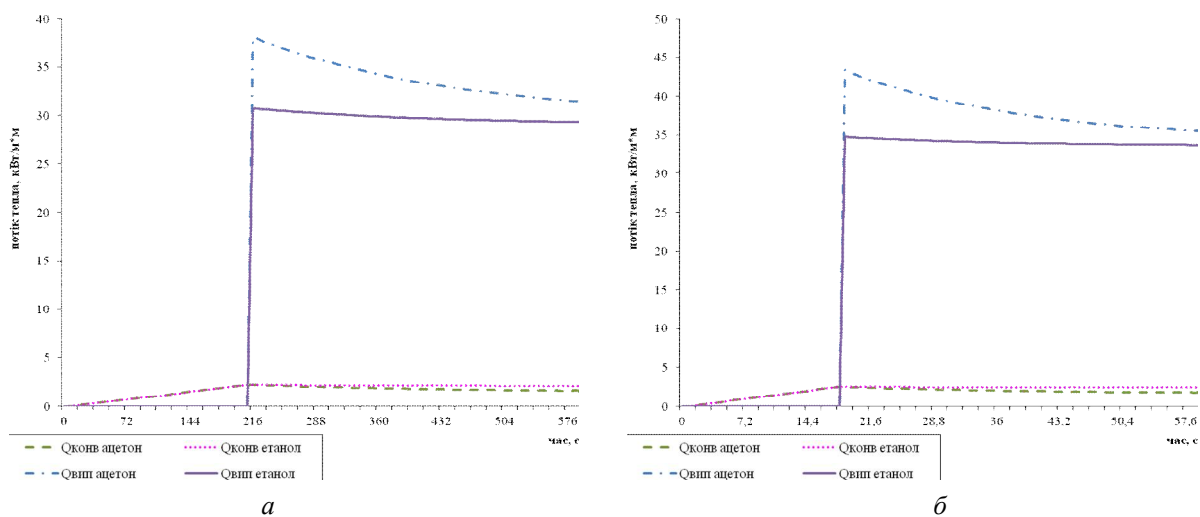


Рис. 6. Потіки тепла при: $a - q_0'' = 5200$; $b - q_0'' = 60000$

Висновки

Побудовано модель для дослідження теплових режимів за критичних умов. Модель враховує додаткове тепловідведення за рахунок випаровування, яке застосовується при перевищенні температурою критичного рівня. Показано ефективність використання випаровування як засобу додаткового тепловідведення за критичних умов для різних режимів конвективного теплообміну. Результати моделювання узгоджуються із результатами експериментальних досліджень, отриманими авторами [2]. Зокрема виявлено, що потік тепла, відведений за рахунок випаровування, зростає набагато швидше, ніж потік тепла, відведений за рахунок теплопровідності, однак їх співвідношення практично не змінюється зі зміною інтенсивності нагрівання.

1. S.W. Joo, M.S. Park, M.S.Kim. *Heat Transfer of an Evaporating Liquid on a Horizontal Plate*. *J. of Mechanical Science and Technology*, Vol. 19, No. 8, 2005, pp. 1649-1661. 2. M. H. Shih and M. J. Huang. *A study of liquid evaporation on forced convection in porous media with non-Darcy effects*. *Acta Mechanica* 154 (2002) pp. 215-231. 3. P.-J. Lee, H.-W. Choi, S.-H. Lee. *The Effect of Ambient Air Condition on Heat Transfer of Hot Steel Plate Cooled by an Impinging Water Jet*. *KSME International Journal*, Vol. 17 No. 5, 2003. pp. 740 – 750. 4. I. Mudawar. *Assessment of High-Heat-Flux Thermal Management Schemes*. *IEEE Transactions on components and Packaging Technologies*, Vol. 24, No. 2, 2001. pp. 122-141. 5. Carsie A. Hall, Calvin Mackie. *Semi-analytic solutions for freezing induced by*

evaporative cooling. *International Journal of Heat and Mass Transfer* 44 (2001) pp.1161-1170. 6. D. Fedasyuk, T. Mukha. *Evaluation of Evaporation Influence on the Heat Dissipation Process from a Flat Plate Surface// Proceedings of the 5-th International Conference on Computer Science and Information Technologies CSIT-2010, Lviv, Ukraine, 2010, pp. 111–113.* 7. Самарский А.А. *Введение в численные методы.* – М.: Наука, 1978. сс. 236-238. 8. <http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=672641fab584f8e85bc873b5817c68b> 9. *Справочник химика.* Т. 3, 2-е изд. – М.: Химия, 1965. – С. 914-916. 10. <http://www.envmodels.com/freetools.php?menu=pression&action=send&lang=en> 11. <http://www.homedistiller.org/calc.htm> 12. F.P. Incropera, D.P. DeWitt, T.L. Bergman, A.S. Lavine, “*Fundamentals of Heat and Mass Transfer*”, 6th ed., John Wiley & Sons, New York. 2007. p. 8.

УДК 004.032.26:004.048

Р. Ткаченко, Б. Андрієцький

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра автоматизованих систем управління

ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ НЕЙРОПОДІБНИХ СТРУКТУР ГЕОМЕТРИЧНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ

© Ткаченко Р., Андрієцький Б., 2011

Проаналізовано проблеми підвищення точності нейроподібних структур машини геометричних перетворень (МГП) під час розв’язання завдань передбачення в галузі інтелектуального аналізу даних (ІАД). Розроблений в статті метод передбачення на основі виділення головних компонент шляхом об’єднання вхідних тренувальних та тестових даних ілюструється прикладом.

Ключові слова: інтелектуальний аналіз даних, структури геометричних перетворень, задачі регресії.

The article analyzed the problem of improving the accuracy of neural-like geometrical transformation machine and the approach to solving a problem of prediction for Data Mining tasks where data are high-dimensional. Developed method of prediction is improved by independent reproduction of principal components.

Keywords: data mining, geometrical transformation structure, regression problem.

Вступ

Розвиток технології баз даних сприяє постійному зростанню їх обсягів. Для видобування нових знань з величезних масивів сирих даних багато компаній використовують технологію інтелектуального аналізу даних (data mining).

Завданням інтелектуального аналізу даних є виявлення латентних правил і закономірностей в наборах даних. Тривалий час основним інструментом інтелектуального аналізу даних була традиційна математична статистика, але і вона часто не в змозі вирішити завдання з реального життя. Математична статистика в основному корисна при перевірці заздалегідь сформульованих гіпотез (verification-driven data mining) [7].

Спочатку застосування нейронних мереж в інтелектуальному аналізі даних викликало скептичне ставлення, зважаючи на недоліки, що властиві нейронним мережам: складна структура, погана інтерпретованість і довгий час навчання [8]. Проте, такі їх переваги як слабка чутливість до шуму і пропусків у даних, можливість паралельної обробки даних високої розмірності, висока швидкість навчання “навчання” замість трудомісткої алгоритмізації завдань, низький коефіцієнт помилок, безперервне вдосконалення та оптимізація різних алгоритмів навчання мереж, алгоритму спрощення мереж, роблять нейронні мережі все більш і більш перспективним напрямом у data mining [8].