

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Дніпродзержинський державний технічний університет

**ПРОБЛЕМИ
МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ**

Матеріали Всеукраїнської науково-методичної конференції
(27–29 травня 2015 року • м. Дніпродзержинськ)

Дніпропетровськ
Видавець Біла К. О.
2015

УДК 519.95:530.1:539

ББК 22.18

П 78

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова організаційного комітету:

Шумейко Олександр Олексійович, зав. кафедри програмного забезпечення систем, д. т. н., професор.

Заступники голови:

Самохвалов Сергій Євгенович, зав. кафедри прикладної математики, д. т. н., професор;

Карімов Іван Кабіденович, зав. кафедри інформатики та комп'ютерних технологій, к. ф.-м. н., доцент.

Члени оргкомітету:

Черномурова Л. О., к. т. н., доцент;

Надригайло Т. Ж., к. т. н., доцент;

Косухіна О. С., к. т. н., доцент;

Тимченко С. В., старший викладач.

Вчений секретар конференції:

Сокол А. М., к. т. н., старший викладач.

П 78 Проблеми математичного моделювання : матеріали Всеукр. наук.-метод. конф., 27–29 трав. 2015 р. – Дніпропетровськ : Біла К. О., 2015. – 128 с.

У збірнику надруковано матеріали Всеукраїнської науково-методичної конференції, яка відбулася 27–29 квітня 2015 року у Дніпродзержинському державному технічному університеті.

Для студентів, аспірантів, викладачів ВНЗів та наукових закладів.

УДК 519.95:530.1:539

ББК 22.18

Секція І. МЕТОДИ ОБЧИСЛЕНЬ

D.Sc. Shumeiko A. A., Timchenko S. V.

Dniprodzerzhinsk State Technical University

APPROXIMATION OF THE SURFACE BY PIECEWISE SMOOTH SPHERE FRAGMENTS

The problems of computer graphics are connected with approximation of surface. To solve such kind of problem, the approximation with polygonal models and their various modifications generated by the subdivision methods is used. Another important element of computer graphics is the method of radiosity. Radiosity is a method of rendering based on a detailed analysis of light reflections off diffuse surfaces. The images that result from a radiosity renderer are characterized by soft gradual shadows. Radiosity is typically used to render images and can achieve extremely photo-realistic results for scenes that are comprised of diffuse reflecting surfaces. The Gouraud and the Phong lighting model are very commonly used in computer graphics today. The radiosity method focuses on the construction of the normal vector to the approximation surface describing the given body. This is due primarily to the construction of light reflection off the given surface. Since the most successful and popular method of describing surfaces is polygonal surface, in order to give a natural look to the objects described with polygons, different smoothing methods are used, such as Gouraud shading, Phong shading etc. The use of more complex structures, such as Coons patches or two-dimensional splines, leads to the construction of rather complicated algorithms for constructing the normal vector which often boil down to using polygons again. Therefore, the task of constructing an approximation model to calculate the normal vector quickly at any point is an important task. The surface allowing to get its normal vector quickly is a sphere. However, approximation of the surface areas with the fragments is of interest only in the case when the resulting surface is not only continuous but also piecewise smooth, which is a rather complicated task.

This paper offers one of the possible approximations of a convex surfaces with fragments of the spheres which form a piecewise smooth surface. The obtained results are based on using a support function for approximation of convex surfaces.

Definition 1. The body $T \in \mathbf{R}_n$ is called *strictly convex* if for any $x_1, x_2 \in T$ and $\lambda \in (0; 1)$ the point $\lambda x_1 + (1 - \lambda) x_2$ is an interior point of the set T . The boundary ∂T of the strictly convex body $T \in \mathbf{R}_n$ is called *a convex surface without boundary in space \mathbf{R}_n* (or just *a convex surface*, if it does not cause confusion).

Let S_n be a sphere with the center at the coordinate origin and the radius R , and let B_n be a unit ball at \mathbf{R}_n . From now on we assume that the coordinate origin is an

interior point of a body bounded by a convex surface. This condition does not restrict the generality of the construction.

Definition 2. The plane (hyperplane) $\pi_{u_1}(\mathbf{y})$ ($\mathbf{u}_0 \in S_n$), which is given by the equation $(\mathbf{x} - \mathbf{y}(\mathbf{u}_0), \mathbf{u}_1) = 0$ ($\mathbf{x} \in \mathbf{R}_n$), is called *supporting plane of surface y* at the point \mathbf{u}_0 with a normal vector $\mathbf{u}_1 \in S_n$ if for all $\mathbf{u} \in S_n$ the inequality $(\mathbf{y}(\mathbf{u}) - \mathbf{y}(\mathbf{u}_0), \mathbf{u}_1) \geq 0$ is true. Hereinafter $(\mathbf{u}, \mathbf{v}) = \sum_{i=1}^n u^i v^i$ is the scalar product of

the elements \mathbf{u} and \mathbf{v} , at the same time $|\mathbf{u}| = \sqrt{(\mathbf{u}, \mathbf{u})}$ is the length of the \mathbf{u} .

Definition 3. A support function $\theta(\mathbf{y}, \mathbf{u})$ ($\theta(\mathbf{y}): S_n \rightarrow \mathbf{R}_1$) of the convex surface \mathbf{y} is called a scalar function which is defined as the distance from the coordinate origin to the reference plane on the surface \mathbf{y} with the normal vector $\mathbf{u} \in S_n$. Hereinafter by $\mathbf{y}(\mathbf{v})|_Q$ we denote the restriction $\mathbf{y}(\mathbf{v})$ on the set Q . In which case we

write $\mathbf{y}(\mathbf{u})$. Besides, let $\nabla \rho(\mathbf{u}) = \left(\rho_{u^1}(\mathbf{u}), \rho_{u^2}(\mathbf{u}), \dots, \rho_{u^n}(\mathbf{u}) \right)$ be the gradient of

the $\rho(\mathbf{u})$ function at the point \mathbf{u} and let $\Delta \rho(\mathbf{u}) = \sum_{i=1}^n \rho_{u^i u^i}(\mathbf{u})$ be the value of

the Laplace operator of the function $\rho(\mathbf{u})$ at the point \mathbf{u} .

Consider the surface $\mathbf{x}(\rho, \mathbf{u})$ (mapping $\mathbf{x}(\rho): S_n \rightarrow \mathbf{R}_n$) given by equation

$$\mathbf{x}(\rho, \mathbf{u}) = \left((\rho(\mathbf{u}) - (\nabla \rho(\mathbf{u}), \mathbf{u})) \mathbf{u} + \nabla \rho(\mathbf{u}) \right) |_{S_n}. \quad (1)$$

In [1; 2] it is shown that if there is some (natural) condition for the function $\rho(\mathbf{u})$, the surface $\mathbf{x}(\rho, \mathbf{u})$ is a convex (strictly convex) surface, and the support function of this surface is equal to $\theta(\mathbf{x}(\rho), \mathbf{u}) = \rho(\mathbf{u})$ ($\mathbf{u} \in S_n$), and, moreover, any smooth strictly convex surface can be represented as (1).

In case when $n = 3$, the equation (1) can be rewritten differently (in geography coordinates).

Theorem 1. If for any value of $\varphi \in [0, 2\pi]$ and $\psi \in (0, \pi)$ the support function looks as follows:

$$\theta(\varphi, \psi) = R + x_0 \cos \varphi \sin \psi + y_0 \sin \varphi \sin \psi + z_0 \cos \psi, \quad (2)$$

then

$$\begin{cases} x = R \cos \varphi \sin \psi + x_0, \\ y = R \sin \varphi \sin \psi + y_0, \\ z = R \cos \psi + z_0. \end{cases} \quad (3)$$

Description of the surface (1) make approximation of convex surfaces possible. Let's consider the problem of approximation (by the uniform metrics) for the function $\rho_v(\mathbf{u})$ (on

the sphere S_n or in the area that includes the sphere) by smooth functions. Then the corresponding convex surface is approximated by convex smooth surfaces comprised of glued pieces which, in case the surface of a sphere is divided into small segments, can be represented as

$$\mathbf{x}(\rho_v, \mathbf{u}) = (\rho_v(\mathbf{u}) - (\nabla \rho_v(\mathbf{u}), \mathbf{u})) \mathbf{u} + \nabla \rho_v(\mathbf{u}) .$$

If the surface on each elementary portion of the sphere coincides with its fragment, such a surface will be called the spherical spline for the given segmentation.

We introduce a segmentation of the surface of the unit sphere

$$\Delta_{n,m} = \{[\varphi_{i-1}, \varphi_i] \times [\psi_{j-1}, \psi_j], i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, m \},$$

where $\varphi_i = 2\pi i/n$, $\psi_j = \pi j/m$, ($i = 1, \dots, n$, $j = 1, \dots, m$).

Approximating the support function $\theta(\varphi, \psi)$ of the surface $\Pi(\varphi, \psi)$ at each cells $[\varphi_{i-1}, \varphi_i] \times [\psi_{j-1}, \psi_j]$ of the partition $\Delta_{n,m}$ by the following function

$$\hat{\theta}(\varphi, \psi) = R + x_0 \cos \varphi \sin \psi + y_0 \sin \varphi \sin \psi + z_0 \cos \psi , \quad (4)$$

and using Theorem 1, we obtain an approximation of the convex surface $\Pi(\varphi, \psi)$ by the surface $\hat{\Pi}(\varphi, \psi)$, which, on each cells $[\varphi_{i-1}, \varphi_i] \times [\psi_{j-1}, \psi_j]$, coincides with the fragment of a sphere with the radius R and with the center at the point $M(x_0, y_0, z_0)$. Therefore, $\hat{\Pi}(\varphi, \psi)$ is a spherical spline for the partition $\Delta_{n,m}$.

For any fixed $\hat{\psi} \in [\psi_{j-1}, \psi_j]$, the support function (4) can be written as

$$\hat{\theta}(\varphi, \hat{\psi}) = R + x_0 \cos \varphi \sin \hat{\psi} + y_0 \sin \varphi \sin \hat{\psi} + z_0 \cos \hat{\psi} = \hat{R} + \hat{x}_0 \cos \varphi + \hat{y}_0 \sin \varphi , \quad (5)$$

where $\hat{R} = R + z_0 \cos \hat{\psi}$, $\hat{x}_0 = x_0 \sin \hat{\psi}$, $\hat{y}_0 = y_0 \sin \hat{\psi}$.

Note that this description of the surface not only allows us to construct a piecewise-smooth approximation, but also allows us to calculate the normal vector to the surface at each point quickly, which makes it a powerful tool for solving problems of light in computer graphics.

Bibliography:

1. Лигун А. А. Описание выпуклых кривых и поверхностей: монография / А. А. Лигун, А. А. Шумейко, С. В. Тимченко. – Днепродзержинск : ДГТУ, 2014. – 221 с.
2. Ligon, A.A., Timchenko, S.V. and Shumeiko, A.A. "Geometry of Convex Surfaces", East Journal on Approximation. vol.8, no.3, pp. 15-57, 2002.

Безердян С. І.

Херсонський національний технічний університет

**ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ АПРОКСИМАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ
БАЗИСІВ ТРИКУТНОГО СЕ ІІІ ПОРЯДКУ, ЩО ОТРИМАНІ
ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДУ ВНУТРІШНЬОЇ КОНДЕНСАЦІЇ**

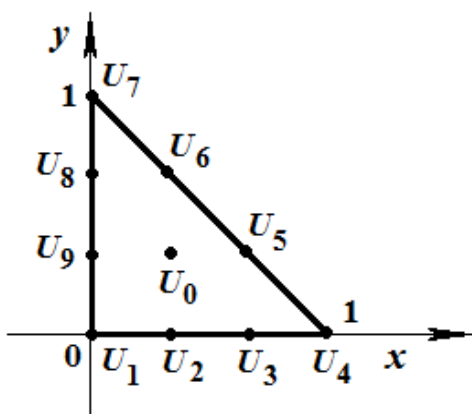


Рис. 1. СЕ ІІІ порядку у формі рівнобедреного прямокутного трикутника

Порівняємо апроксимаційні властивості трьох базисів скінченного елемента (СЕ) у формі прямокутного рівнобедреного трикутника (рис. 1):

- 1) стандартного базису $\{NS\}$ [1];
- 2) модифікованого базису $\{NC\}$;
- 3) модифікованого гармонічного базису $\{NCH\}$.

Модифікований базис $\{NC\}$ отримується із стандартного базису $\{NS\}$ за допомогою методу внутрішньої конденсації

$$NC_i = NS_i + \alpha_i \cdot NS_0, \quad i = \overline{1;9}. \quad (1)$$

за умови, що обрані значення параметрів α_i , забезпечують мінімізацію функціоналів

$$W_i = \frac{1}{S} \iint_D \left(\frac{\partial^2 NC_i}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 NC_i}{\partial y^2} \right)^2 dx dy \rightarrow \min \quad (2)$$

де D – СЕ, по площі якого відбувається інтегрування; S – площа СЕ; i – номер вузла.

Таким чином, базисні функції (1) при виконанні умови (2) є такими, що у середньому найменше відхиляються від гармонічних.

Розв'язання задач мінімізації (2) для критерію W_i з функціями (1) приводить до спектру значень параметрів конденсації із табл. 1

Базисні функції модифікованого гармонічного базису $\{NCH\}$ є розв'язками задач Діріхле, де у якості граничних умов використані базисні функції (1) із параметрами конденсації з табл. 1. При цьому базисні функції шукають у вигляді частинних сум степеневих рядів за методом Рітца.

Таблиця 1

Спектр значень параметрів конденсації

$\alpha_1; \alpha_3; \alpha_8$	$\alpha_2; \alpha_9$	$\alpha_4; \alpha_7$	$\alpha_5; \alpha_6$
-1/9	7/18	1/36	1/4

Легко пересвідчитися, що $\sum_{i=1}^9 \alpha_i = 1$.

З теоретичної точки зору виконані модифікації сприяють поліпшенню локальних характеристик базисів $\{NC\}$ і $\{NCH\}$ у порівнянні із стандартним базисом (табл. 2).

Таблиця 2

Локальні характеристики базисів SE III порядку
у формі прямокутного рівнобедреного трикутника

Характеристика	Базис		
	$\{NS\}$	$\{NC\}$	$\{NCH\}$
Число обумовленості матриці Грама	33.969	31.703	24.215
Слід матриці жорсткості	30.050	20.550	16.272
Спектр міжвузлового розподілу рівномірної масової сили	$\left\{ \frac{1}{30}; \frac{3}{40}; \frac{3}{40}; \right.$ $\frac{1}{30}; \frac{3}{40}; \frac{3}{40};$ $\left. \frac{1}{30}; \frac{3}{40}; \frac{3}{40}; \frac{9}{20} \right\}$	$\left\{ \frac{1}{60}; \frac{1}{4}; \frac{1}{40}; \right.$ $\frac{11}{240}; \frac{3}{16}; \frac{3}{16};$ $\left. \frac{11}{240}; \frac{1}{40}; \frac{1}{4} \right\}$	$\{0.053; 0.163; 0.095;$ $0.028; 0.188; 0.188;$ $0.028; 0.095; 0.163\}$

Література:

1. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов / Л. Сегерлинд. – М. : Мир, 1979. – 392 с.

К. физ.-мат.н. Дронов С. Г.

Днепродзержинский государственный технический университет
**СПЛАЙН – МЕТОД ПОВЫШЕННОЙ ТОЧНОСТИ РЕШЕНИЯ
КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ С РАЗРЫВНЫМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ**

Для краевой задачи

$$y'' + p(x)y' + q(x)y = f(x), \quad y(a) = A, \quad y(b) = B.$$

построена схема, позволяющая находить приближенное решение в виде кубического сплайна по неравномерному разбиению. Известно, что обычная сплайн-коллокационная схема для кубического сплайна дает решение, отличающееся от точного решения на $O(h^2)$, где h – максимальный шаг разбиения отрезка $[a, b]$. Схемы, дающие приближенное решение, отличающееся от точного на величины $O(h^r)$ ($r \geq 2$), называют схемами повышенной точности. В работе построена схема повышенной точности, дающая приближенное решение в виде кубического сплайна, асимптотически совпадающего с интерполяционным сплайном от точного

решения, т.е. имеющую отклонение от точного решения на величину $O(h^4)$. Отличием от предыдущих схем является то, что задается «управление», которое позволяет с заданной точностью решить краевую задачу.

В основу положены те же идеи, что и в работах [1–3].

Литература:

1. Дронов С. Г. Об одном сплайн-методе решения краевой задачи / С. Г. Дронов, А. А. Лигун // УМЖ. – 1989. – Т.41, № 5. – С. 703–707.
2. Дронов С. Г. Применение сплайнов по неравномерной сетке к приближенному решению краевых задач / С. Г. Дронов // Вопросы оптимальной аппроксимации функций и суммирования рядов. – Днепропетровск : ДГУ, 1988. – С. 26–32.
3. Дронов С. Г. О сплайн-схеме повышенной точности решения задачи Коши для уравнения с разрывными коэффициентами / С. Г. Дронов, Ж. В. Худая // Математическое моделирование. – Днепропетровск : ДГТУ, 1994. – №1. – С.17-20.

К. физ.-мат. н. Дронов С. Г., Островский А. В.

Днепропетровский государственный технический университет

ЧИСЛЕННЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО ОЦЕНКАМ ТОЧНОСТИ ПРИ НАХОЖДЕНИИ ПРИБЛИЖЕННОГО РЕШЕНИЯ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ В ВИДЕ КУБИЧЕСКИХ СПЛАЙНОВ

Для краевой задачи

$$y'' + p(x)y' + q(x)y = f(x), \quad y(a) = A, \quad y(b) = B.$$

рассмотрены схемы, позволяющая находить приближенное решение в виде кубических сплайнов как по равномерному, так и по неравномерному разбиению. Проведены численные эксперименты по нахождению оценок уклонений приближенных решений, полученных обычными сплайн–коллокационными схемами от приближенных решений, полученных с помощью схем повышенной точности. Для некоторых видов краевых задач, имеющих точное решение в явном виде, проведено сравнение оценок уклонений приближенных решений, полученных обычными сплайн–коллокационными схемами, и приближенных решений, полученных с помощью схем повышенной точности, от точного решения краевой задачи.

Литература:

1. Дронов С. Г. Об одном сплайн-методе решения краевой задачи / С. Г. Дронов, А. А. Лигун // УМЖ. – 1989. – Т.41, № 5. – С. 703–707.
2. Дронов С. Г. Применение сплайнов по неравномерной сетке к приближенному решению краевых задач / С. Г. Дронов // Вопросы оптимальной аппроксимации функций и суммирования рядов. – Днепропетровск : ДГУ, 1988. – С. 26–32.

Д. ф.-м. н. Косолап А. И., Довгопола А. А.

Украинский государственный химико-технологический университет

**МЕТОД ТОЧНОЙ КВАДРАТИЧНОЙ РЕГУЛЯРИЗАЦИИ
ДЛЯ ЗАДАЧ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЗЕРВИРОВАНИЯ
ПРИ НЕСКОЛЬКИХ ОГРАНИЧЕНИЯХ**

Надежность функционирования сложной системы зависит от надежности ее элементов. Обычно надежность обеспечивается посредством резервирования элементов подсистем. Чем больше резервных элементов, тем выше надежность системы. Однако это одновременно увеличивает ее стоимость. Поэтому максимальная надежность системы достигается при ограничениях на ее стоимость. Очевидно, что затраты того или иного вида ресурсов определяются числом резервных элементов каждого типа. Наиболее простым является предположение о том, что стоимость системы (заметим, что стоимость понимается в широком смысле слова, т.е. единицей измерения в данном случае могут быть и масса, и габариты и пр.) линейно возрастают с увеличением количества резервных элементов.

Решение задач оптимального резервирования при нескольких ограничивающих факторах приводит к определенным трудностям чисто вычислительного характера и заставляет применять новые или модифицированные алгоритмы.

Прямая задача оптимального резервирования при нескольких ограничениях формулируется следующим образом: требуется найти такое количество элементов для каждой подсистемы, чтобы требуемый показатель надежности системы в целом обеспечивался при минимальных суммарных затратах на все резервные элементы [1].

Математическая формулировка этой задачи выглядит следующим образом: найти вектор X_0 такой, что

$$C(X_0) = \min_{X_0 \in X} C(X),$$

где X – множество всех возможных (допустимых) решений, а надежность системы удовлетворяет условию $R(X) \geq R_0$.

Резервные элементы подключаются параллельно рабочему элементу, поэтому надежность таких систем определяется формулой

$$R(X) = 1 - (1 - P)^{X+1},$$

где X – количество резервных элементов системы, а P – ее надежность.

Применение метода точной квадратичной регуляризации покажем на обратной задаче, которую можно записать в виде: найти вектор X_0 такой, что

$$R(X_0) = \max_{X_0 \in X} R(X), \quad (1)$$

где X – множество всех возможных (допустимых) решений, которые удовлетворяют ограничениям $C^{(j)}(X) \leq C_0^{(j)}$, $j=1,2,\dots,m$.

Преобразуем задачу (1):

$$\max \left\{ \prod_{i=1}^n R_i(x_i) \mid \sum_{i=1}^n C_i^j(x_i) \leq C_0^j, j=1, \dots, m, x \in N, x_i \geq 1, i=1, \dots, n \right\}, \quad (2)$$

где N – множество целых чисел. Задача (2) является достаточно сложной для численного решения, так как ее целевая функция является невыпуклой, а переменные принимают целочисленные решения. Для решения задачи (2) используем метод точной квадратичной регуляризации, с помощью которого задачу (2) преобразуем к виду [2]:

$$\max \left\{ \|x\|^2 \mid -\prod_{i=1}^n R_i(x_i) + s + (r-1) \sum_{i=1}^{n+1} x_i^2 \leq d, \sum_{i=1}^n C_i^j(x_i) \leq C_0^j, j=1, \dots, m, \sum_{i=1}^n (1 - \cos(2\pi x_i)) + r \|x\|^2 \leq d, x_i \geq 1, i=1, \dots, n \right\}, \quad (3)$$

где s – фиксированный параметр, а значение $r > 0$ выбирается таким, чтобы допустимая область задачи (3) была выпуклой. Условия целочисленности переменных в задаче (3) записаны с использованием функции \cos . В задаче (3) необходимо найти минимальное значение переменной $d > 0$, для которой выполняется условие

$$r \sum_{i=1}^{n+1} x_i^2 = d. \quad (4)$$

Это значение d находим методом дихотомии. При каждом фиксированном значении d , задача (3) решалась прямо-двойственным методом внутренней точки [3].

Таким образом, находим решение задач оптимального резервирования систем при нескольких ограничениях методом точной квадратичной регуляризации. Численные эксперименты подтверждают эффективность метода точной квадратичной регуляризации для решения этого класса задач. В частности, при решении задачи с 12 подсистемами и двумя ограничениями на стоимость резервных элементов была найдена максимально возможная надежность системы $R=0.99373$ при количестве резервных элементов, представленных в табл. 1., где r_i – надежность i -й подсистемы (задача с листа 7).

Литература:

1. Ушаков И.А. Методы решения простейших задач оптимального резервирования при наличии ограничений / И. А. Ушаков – М. : Советское радио, 1969. – 176 с.
2. Косолап А. И. Методы глобальной оптимизации / А. И. Косолап – Днепропетровск : Наука и образование, 2013. – 316 с.
3. Nocedal J. Numerical optimization / J. Nocedal, S.J. Wright. – Springer, 2006. – 685 p.

Лукашова А. М.

Херсонський національний технічний університет

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ БАГАТОФОКУСНОЇ АПРОКСИМАЦІЇ В ЗАДАЧАХ КРУЧЕННЯ

Для розв'язання задачі кручення стержнів часто користуються мембранною аналогією. Застосовувана при цьому поверхня Прандтля визначається як розв'язок рівняння Пуассона з нульовими граничними умовами:

$$\frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} = -2, \quad W(x; y) \Big|_G = 0, \quad (1)$$

де $W(x; y)$ – шукана функція, G – границя області.

Розв'язання граничної задачі (1) методом Рітца зводиться до розв'язання задачі мінімізації функціонала:

$$\iint_D \left(\left(\frac{\partial W}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial W}{\partial y} \right)^2 + 2fW \right) dS \rightarrow \min, \quad (2)$$

де $f(x; y)$ – функція із правої частини рівняння Пуассона (1); D – досліджувана область; dS – елемент площі.

Функцію $W(x; y)$ зручно шукати у вигляді частинної суми ряду виду:

$$W(x; y) = g(x; y) \cdot \sum_{p=0}^{N_p} \sum_{q=0}^{N_q} k_{pq} x^p y^q, \quad (3)$$

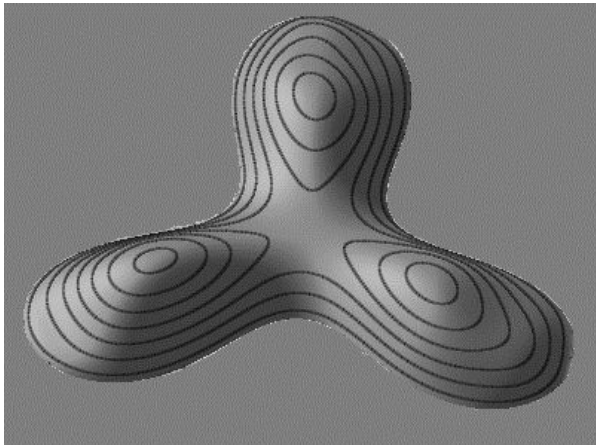
де $g(x; y)$ – неявне рівняння границі області; $k_{pq} \in R$; $N_p, N_q \in N$.

Практичні тестування показали, що у разі складної форми області D з відсутністю кутів, застосування методу поліфокусної апроксимації для неявного опису границі області D у методі Рітца дозволяє досягати заданої точності при більш низьких степенях поліномів (3), ніж, наприклад, при розв'язанні тих же задач за методом конформних відображень. Наявність в області прямолінійних кутів зменшує ефективність застосування методу поліфокусної апроксимації.

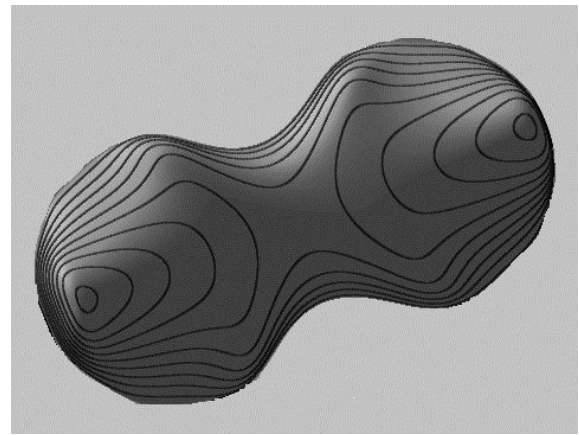
Кількість ітерацій при реалізації самого методу поліфокусної апроксимації не перевищувала п'яти. Встановлено, що на якість поліфокусної апроксимації значно впливає рівномірність розміщення точок на емпіричному контурі. Кращу точність апроксимації при меншій кількості фокусів та ітерацій забезпечує рівновіддалене (за довжиною контуру) розміщення емпіричних точок.

На рис. 1 наведені приклади графіків розв'язків граничної задачі (1) методом Рітца у поєднанні з методом поліфокусної апроксимації для області, що обмежена 3-фокусною лемніскатою, та для області, яка є перерізом зовнішньої ланки при-

водного втулочно-роликового ланцюга із запресованими в нього валками. Границя перерізу втулки складається із дуг спряжених кіл [2, с. 450-452].



а)



б)

Рис. 1. Поверхні Прандтля для областей:

а) 3-фокусної лемніскати; б) перерізу втулки [2, с. 450-452]

Література:

1. Ракчеева Т. А. Критерии и сходимость многофокусной аппроксимации / Т. А. Ракчеева // Компьютерные исследования и моделирование. – 2013. – Т. 5. – № 3. – С. 379–394.
2. Фильчаков П. Ф. Приближенные методы конформных отображений / П. Ф. Фильчаков. – К. : Наукова думка, 1964. – 531 с.

Hodes A. *, Loboda V. *, Lapusta Y. **

* Dnipropetrovs'k National University, Department of Theoretical and Applied Mechanics, Dnipropetrovs'k, Ukraine

** French Institute of Advanced Mechanics, Institut Pascal / UBP / IFMA / CNRS / Clermont Université, BP 265, 63175 Aubière CEDEX, France

AN ANALYTICALLY-NUMERICAL APPROACH TO THE ANALYSIS OF AN ARC INTERFACE CRACK WITH LOADED SIDES

A problem concerning definition of stresses and displacements in the elastic plane with a circular elastic inclusion and an arc crack at the material interface is considered under the loading applied at the crack and at infinity. Crack sides don't interact with each other. Normal and shear stresses $q_r(\theta)$ and $q_\theta(\theta)$ are applied to crack sides, $q_r(\theta)$ and $q_\theta(\theta)$ are finite and continuous on the crack.

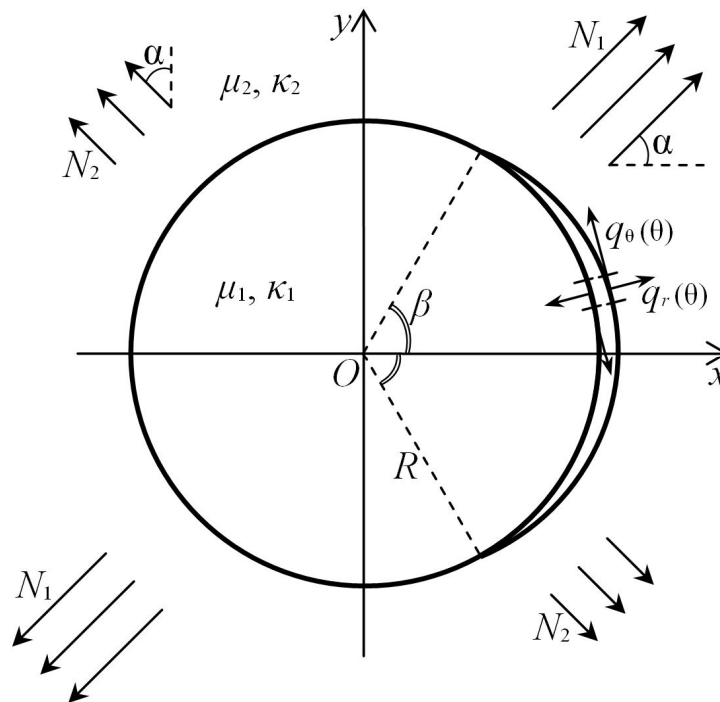


Fig. 1. Interface crack between plane and circular inclusion

The considered problem is reduced to boundary problem for four complex potentials of Kolosov–Muskhelishvili which are holomorphic in specified areas. Boundary conditions on infinity and on the crack sides as well as finiteness of displacements in the coordinate origin are used to obtain a singular integral equation of the second kind with Cauchy kernel for complex function of real variable $\tau(\zeta)$ which determines the crack opening [1–3]. This equation is completed by displacements uniqueness condition:

$$C_1\tau(\zeta) + \frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \frac{\tau(\xi)}{\xi - \zeta} d\xi + C_2 \int_{-1}^1 K_1(\xi)\tau(\xi)d\xi + C_3 \int_{-1}^1 K_2(\xi)\tau(\xi)d\xi + \\ + C_4 \int_{-1}^1 \overline{K_2(\xi)\tau(\xi)}d\xi = f(\zeta) + C_5q(\zeta), \quad |\zeta| < 1, \quad (1)$$

$$\int_{-1}^1 K_3(\xi)\tau(\xi)d\xi = 0, \quad (2)$$

where $\lambda = \frac{\mu_1 + \mu_2\kappa_1}{\mu_2 + \mu_1\kappa_2}$, $\eta = tg \frac{\beta}{2}$, $\frac{1}{k} = 2\lambda \frac{\mu_1}{\mu_2} \frac{1 + \kappa_2}{1 + \kappa_1} + \lambda - 1$, $C_1 = i \frac{1 - \lambda}{1 + \lambda}$, $C_2 = -\frac{\eta^2}{\pi}$,

$$C_3 = \frac{i\eta}{\pi} \left(k + \frac{\lambda}{1 + \lambda} \right), \quad C_4 = -\frac{i\eta}{\pi} \left(k + \frac{1}{1 + \lambda} \right), \quad C_5 = -\frac{\mu_1 + \mu_2\kappa_1}{\mu_2(1 + \lambda)}, \quad K_1(\xi) = \frac{\xi}{1 + \eta^2\xi^2},$$

$$K_2(\xi) = \frac{1}{1 + \eta^2\xi^2}, \quad K_3(\xi) = \frac{1 - \eta^2\xi^2 + 2i\eta\xi}{(1 + \eta^2\xi^2)^2},$$

$$f(\zeta) = -k(\mu_1 + \mu_2\kappa_1) \frac{\mu_1}{\mu_2} \frac{1 + \kappa_2}{1 + \kappa_1} \frac{N_1 + N_2}{2} - \frac{\mu_1}{\mu_2} \frac{\lambda(1 + \kappa_2)}{1 + \lambda} \frac{N_1 - N_2}{2} e^{2i(\alpha - 2\text{arctg}(\zeta\eta))},$$

$q(\zeta) = q_r(\zeta) + iq_\theta(\zeta)$ is a finite complex function of real variable which is continuously differentiable infinitely times on each segment $x_{s-1} \leq \zeta \leq x_s$, $s = \overline{1, s_0}$, $x_0 = -1$, $x_{s_0} = 1$.

The expression for stresses on the interface takes the form

$$\sigma_{rr}(\zeta) + i\sigma_{r\theta}(\zeta) = -\frac{1}{C_5} \left(\frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \frac{\tau(\xi)}{\xi - \zeta} d\xi + C_2 \int_{-1}^1 K_1(\xi)\tau(\xi)d\xi + \right. \\ \left. + C_3 \int_{-1}^1 K_2(\xi)\tau(\xi)d\xi + C_4 \int_{-1}^1 \overline{K_2(\xi)\tau(\xi)}d\xi - f(\zeta) \right), \quad |\zeta| > 1. \quad (3)$$

The formula for crack opening is the following

$$\Delta(\zeta) = \frac{2R\eta}{\mu_1} \text{Re} \left[e^{-2i\text{arctg}(\zeta\eta)} \int_{-1}^{\zeta} K_3(\xi)\tau(\xi)d\xi \right], \quad |\zeta| < 1. \quad (4)$$

For the case of real square root singularity the method of the problem (1), (2) solution was suggested in [4]. In the present case of a complex singularity it cannot be used. Therefore, for resolving of equations (1) – (2) the unknown function $\tau(\zeta)$ is presented on each segment of the crack loading smoothing as weight function of Jacobi orthogonal polynomials multiplied by unknown function which is finite on the crack. This function is submitted as series expansion in Jacobi polynomials with unknown coefficients which are to be defined:

$$\tau(\zeta) = w_s(\zeta)v_s(\zeta), \quad x_{s-1} \leq \zeta \leq x_s, \quad s = \overline{1, s_0}, \quad w_s(\zeta) = (x_s - \zeta)^{a_s} (\zeta - x_{s-1})^{b_s},$$

$$v_s(\zeta) = \sum_{k=0}^n A_{sk} P_k^{(a_s, b_s)}(\zeta^{(s)}), \quad \zeta^{(s)} = -1 + \frac{2}{x_s - x_{s-1}} (\zeta - x_{s-1}),$$

where $a_{s_0} = -\frac{1}{2} - i\gamma$, $b_1 = -\frac{1}{2} + i\gamma$, $\gamma = \frac{\ln \lambda}{2\pi}$; $a_s = 0$, $s = \overline{1, s_0 - 1}$; $b_s = 0$, $s = \overline{2, s_0}$.

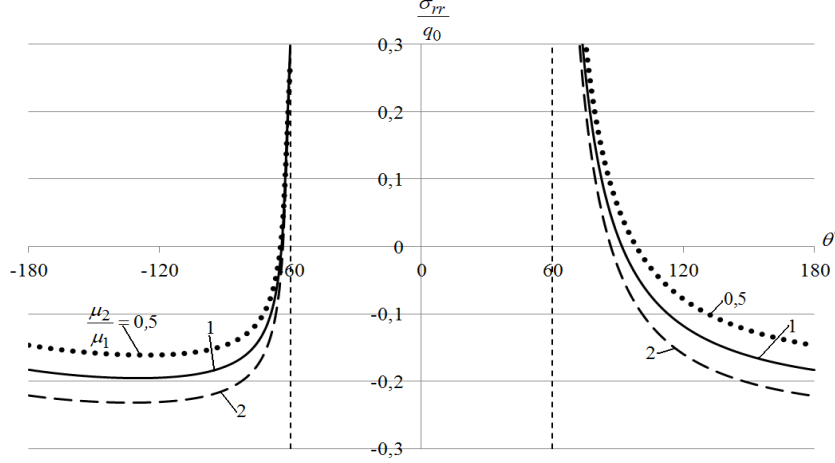


Fig. 2. Normal stresses at the interface

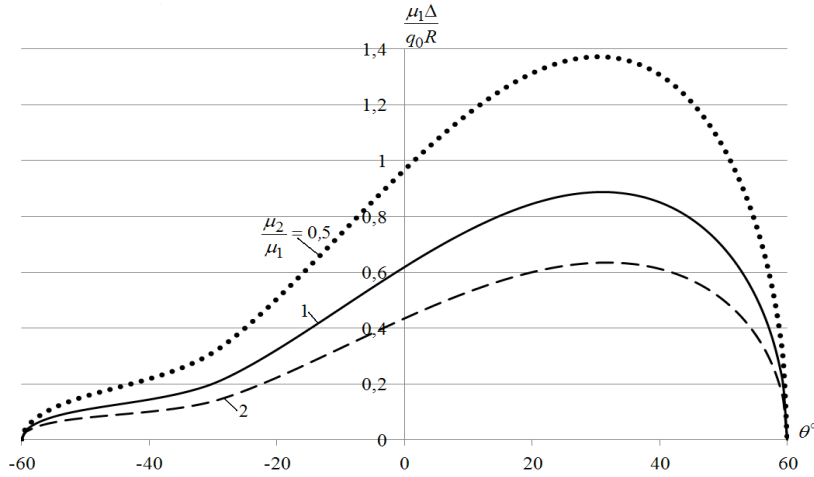


Fig. 3. Crack opening

Equations (1)–(2) are reduced to the following system of linear algebraic equations:

$$\begin{aligned} & \sum_{s=1}^{s_0} \sum_{k=0}^n \left[w_s(\zeta_{i,j}) \left(C_1 \delta_{js} P_k^{(a_s, b_s)}(\zeta_{i,j}) + \frac{1}{\pi} Q_k^{(a_s, b_s)}(\zeta_{i,j}) \right) + \chi_s h_{sk} (C_2 g_{sk}^{(1)} + C_3 g_{sk}^{(2)}) \right] A_{sk} + \\ & + \sum_{s=1}^{s_0} \sum_{k=0}^n \left[C_4 \bar{\chi}_s \bar{g}_{sk}^{(2)} \bar{h}_{sk} \right] \bar{A}_{sk} + C_5 q(\zeta_{i,j}) = f(\zeta_{i,j}), \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, s_0}, \\ & \sum_{k=0}^n w_j(x_j) P_k^{(a_j, b_j)}(1) A_{jk} - \sum_{k=0}^n w_{j+1}(x_j) P_k^{(a_{j+1}, b_{j+1})}(-1) A_{j+1,k} = 0, \quad j = \overline{1, s_0 - 1}, \\ & \sum_{s=1}^{s_0} \sum_{k=0}^n \left[\chi_s g_{sk}^{(3)} h_{sk} \right] A_{sk} = 0 \end{aligned}$$

where $\zeta_{i,j} = x_{j-1} + (x_j - x_{j-1}) \frac{i}{n+1}$, $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, s_0}$,

$$\zeta_{i,j}^{(s)} = -1 + \frac{2}{x_s - x_{s-1}} (\zeta_{i,j} - x_{s-1}), \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, s_0}, \quad s = \overline{1, s_0},$$

$$\chi_s = \left(\frac{x_s - x_{s-1}}{2} \right)^{a_s + b_s + 1}, \quad h_{sk} = \int_{-1}^1 (1 - \xi)^{a_s} (1 + \xi)^{b_s} \left(P_k^{(a_s, b_s)}(\xi) \right)^2 d\xi,$$

$$K_j(\zeta) = \sum_{k=0}^n g_{sk}^{(j)} P_k^{(a_s, b_s)}(\zeta^{(s)}), \quad x_{s-1} \leq \zeta \leq x_s, \quad s = \overline{1, s_0}, \quad j = 1, 2, 3,$$

$$Q_k^{(a_s, b_s)}(\zeta) = \frac{1}{(1 - \zeta)^{a_s} (1 + \zeta)^{b_s}} \int_{-1}^1 \frac{(1 - \xi)^{a_s} (1 + \xi)^{b_s} P_k^{(a_s, b_s)}(\xi) d\xi}{\xi - \zeta}.$$

Crack opening and normal stresses at the interface (3), (4) are shown on Fig. 2, 3 for three ratios of materials shear modules: $\frac{\mu_2}{\mu_1} = \frac{1}{2}$, $\frac{\mu_2}{\mu_1} = 1$, and $\frac{\mu_2}{\mu_1} = 2$. Other

parameters are $\kappa_1 = \kappa_2 = 1,8$, $\beta = 60^\circ$, $N_1 = N_2 = 0$, $q(\theta) = q_0 \left| \theta + \frac{\beta}{2} \right|$.

Bibliography:

1. England A. H. An Arc Crack Around a Circular Elastic Inclusion / A. H. England // Journal of Applied Mechanics. – 1966. Vol. 34. – P. 637–640.
2. Chao R. Closure of an arc crack in an isotropic homogeneous material due to uniaxial loading / R. Chao, N. Laws // Quarterly Journal of Mechanics and Applied Mathematics. – 1992. – Vol. 45. – P. 629–640.
3. Chao R. The Fiber-Matrix Interface Crack / R. Chao, N. Laws // Journal of Applied Mechanics. – 1977. – Vol. 64. – P. 992–999.
4. Erdogan F. On the numerical solution of a singular integral equations / F. Erdogan, G. D. Gupta // Quart. Appl. Math. – 1972. – Vol. 29. – P. 525–534.

К. техн. н. Авраменко В. І.

Дніпродзержинський державний технічний університет
ПРО «ПАРАДОКСИ» ГЕОМЕТРИЧНОЇ ЙМОВІРНОСТІ

При початковому знайомстві з геометричним означенням ймовірності часто звертають увагу на недостатню формалізацію поняття «випадково» вибраний елемент (точка, відрізок прямої тощо). Наведені приклади, коли різні моделі при розв'язуванні задач дають різні відповіді, зокрема «парадокс Бертрана» [1, с. 39, с. 178], для якого наведено три варіанти відповіді. Але в тому ж підручнику при розв'язуванні задач про числові характеристики вписаних випадкових трикутників наведені відповіді тільки для однієї моделі – приклад 1 [1, с. 106] і задача 4.6 [1, с. 107].

Розглянемо задачу 4.6: на границі кола радіуса r наздогад вибираються три точки A , B і C . Відшукати математичне сподівання площі трикутника ABC . Розглянемо кілька моделей.

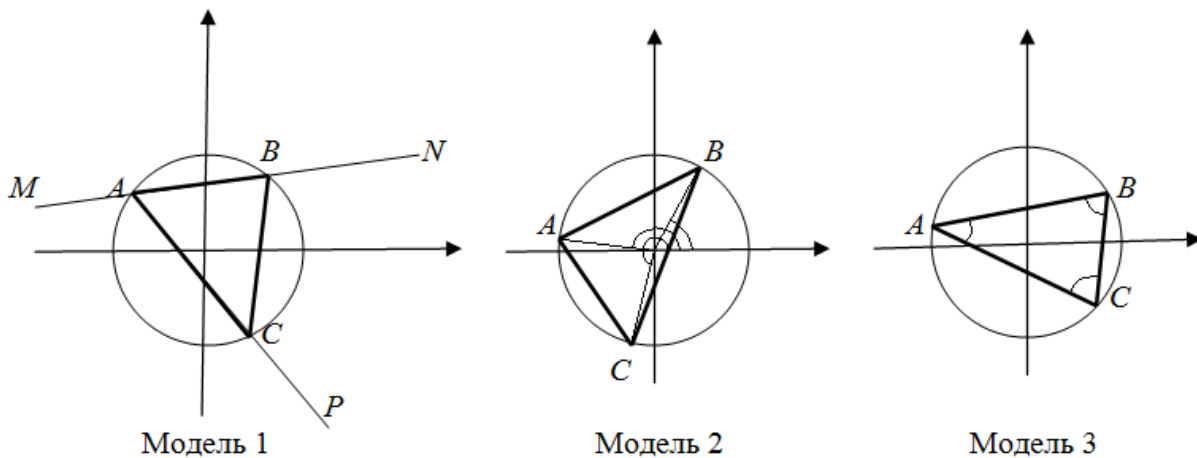


Рис. 1. Ілюстрація моделей вписаних випадкових трикутників

Модель 1. На площині за межами кола ставиться три довільні точки M , N і P . Якщо пряма MN перетинає коло, то обчислюються координати точок A і B на границі кола і з використанням рівняння прямої AP шукаються координати точки C . Обчислюються довжини всіх сторін трикутника ABC і площа S_{Δ} .

Модель 2. Три точки на границі кола вибираються випадковим чином з використанням випадкових променів з центру кола, кути нахилу яких до горизонтальної осі є випадковими і рівномірно розподілені на інтервалі $(0, 2\pi)$.

Модель 3. З використанням рівномірно розподілених випадкових чисел моделюються значення кутів у вершинах вписаного трикутника: кут з вершиною в точці A $\alpha \in (0, \pi)$, кут з вершиною в точці B $\beta \in (0, \pi - \alpha)$, третій кут $\gamma = \pi - \alpha - \beta$. Площа трикутника $S_{\Delta} = 2 \cdot r^2 \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta \cdot \sin \gamma$.

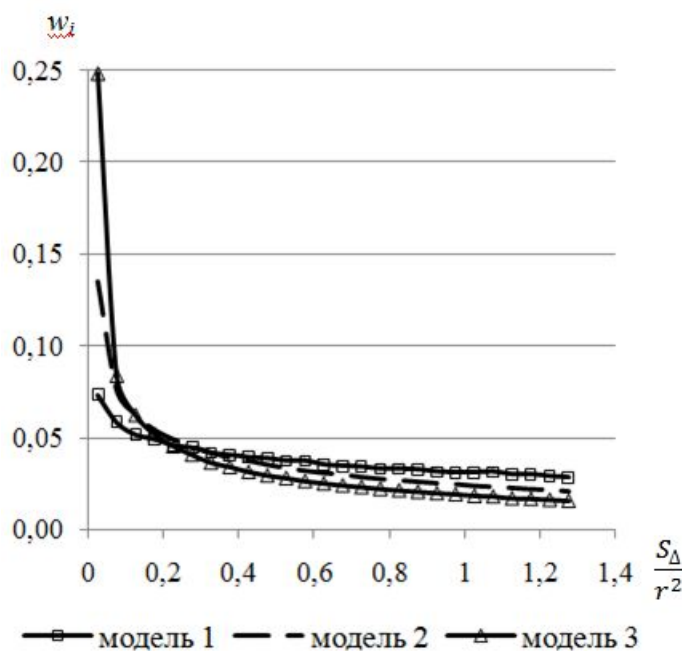


Рис. 2. Полігони розподілу площ випадкових вписаних трикутників

Порівняння результатів різних моделей виконано методом статистичних випробувань, кількість яких не менше $n=10^6$. На рис. 2 наведені полігони відносних частот попадання значень площ на інтервали. Значення площ трикутників зосередженні на інтервалі $(0, 1,30 r^2)$, тому що максимальна площа для правильного вписаного трикутника дорівнює $S_{\Delta} = 1,299 \cdot r^2$.

Як свідчать графіки, розподіли значень площ для різних моделей дещо відрізняються між собою. В табл. 1 наведені оцінки математичного сподівання величини площ для різних моделей.

Таблиця 1

Середні значення площ вписаних трикутників

Номер моделі	1	2	3
Середня площа	$0,564 \cdot r^2$	$0,478 \cdot r^2$	$0,391 \cdot r^2$

Наведена в підручнику [1] відповідь співпадає з отриманою для другої моделі. Інші моделі також є прийнятними. Про переваги жодної з них немає об'єктивної інформації, тому однозначної відповіді для задач цього класу поки вказати неможливо.

Література:

1. Сборник задач по математике для вузов. Специальные курсы / Вуколов Э. А., Ефимов А. В., Земсков В. Н. и др. ; под ред. А. В. Ефимова – М. : Наука, гл. ред. физ.-мат. литературы, 1984. – 607 с.

К. фіз.-мат. н. Божуха Л. М., к. екон. н. Ткаченко І. П.

Дніпродзержинський державний технічний університет

ПРО КОМПЛЕКСНИЙ КРИТЕРІЙ ФІНАНСОВОЇ БЕЗПЕКИ

На фінансову безпеку підприємства впливає цілий ряд взаємопов'язаних між собою причин, які можна об'єднати за групами: причини з зовнішнього оточення підприємства, ринкові причини, внутрішнього характеру економічні причини, фінансові причини та управлінські причини. Зв'язок між цими групами є дуже суттєвим і тому завжди виникає складність у побудові комплексної математичної моделі фінансової безпеки підприємства.

Оцінка фінансової безпеки підприємства тільки за станом його фінансів є необхідною, однак, не є достатньою умовою, а тому – не перспективною. Вимірювання матеріальних потоків у натуральному виразі підлягають кількісному вимірюванню і відповідно – аналізу цих даних у причинних групах. Отримані таким чином критерії є локальними для кожної з груп та не є корисними на підприємствах з іншим набором кількісних характеристик. Побудувати математичну модель можна при використанні достатнього обсягу цих даних. Як правило такі моделі можуть бути багатовимірними, але кількість параметрів, які аналізуються, тільки ускладнюють математичні перетворення та іноді не враховуються зв'язки між факторами.

Багато причинних груп фінансової безпеки або не мають кількісних характеристик, або мають дуже велику їх кількість з невизначеними пороговими значе-

ннями. При оцінюванні цих слабо вимірюваних факторів використовують штучні прийоми, проблемою яких є створення для аналітика або експерта методики виставлення відповідних балів по критерію, який досліджується.

У випадку факторів такого типу доцільно вводиться термінологія нечітких виражених степенів: «дуже низька», «низька», «середня», «висока», «дуже висока». Проблемою побудови таких критеріїв по якісним характеристикам є існування набору фінансових показників неупорядкованих факторів одного рівня ієрархії.

На основі результатів роботи [1] побудови комплексної оцінки зроблений аналіз кількісних характеристик факторів, відношень між факторами у структурі ієрархії цих факторів. Модель будується на основі агрегування даних з усіх рівнів ієрархії факторів, кількісних даних про рівні факторів та їх відношення порядку на одному рівні ієрархії.

Представлення схеми такого агрегування при аналізі фінансової безпеки підприємства є метою роботи.

Задачею експерта є обрання ряду окремих фінансових показників, про які можна сказати, що вони якнайкраще характеризують окремі сторони діяльності підприємства і при цьому утворюють якусь закінчену сукупність, що дає вичерпне уявлення про підприємство в цілому. Вибір системи показників для аналізу може бути індивідуальним для кожного підприємства. Значимість тих чи інших показників для оцінки тих чи інших підприємств різна і тому, перед експертом постає важке завдання відбору і ранжирування чинників аналізу. Показники, які класифіковані за групами, можуть утворювати ієрархію, але в найпростішому випадку вони просто складають неупорядкований набір.

Для запису якісних характеристик параметру рівня використовується стандартний кількісний вигляд відповідної функції належності $\mu^*(x)$, яка представлена стандартним п'ятирівневим 01-класифікатором.

У роботі проаналізований алгоритм побудови критерію фінансової безпеки без врахування кількісних характеристик фінансового стану підприємства при залученні експертів для формування початкових умов на кожному з етапів постановки задачі.

Література:

1. Недосекин А. О. Комплексная оценка риска банкротства корпорации на основе нечетких описаний [Електронний ресурс] / А. О. Недосекин. – Режим доступу : <http://sedok.narod.ru>

Волошин Р. В., Сарапин Д. А., к. техн. н. Бабенко М. В.

Днепродзержинский государственный технический университет

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПЛАВЛЕНИЯ УТЯЖЕЛЕННОГО КОМБИНИРОВАННОГО АЛЮМОСОДЕРЖАЩЕГО СЛИТКА ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ В ЗАЩИТНОЙ ОБОЛОЧКЕ

В настоящее время для раскисления стали в ковше при выпуске плавки из агрегата обычно используется алюминий в чушках. Алюминий значительно легче стали, поэтому заброшенные в ковш чушки алюминия всплывают на поверхность шлака интенсивно взаимодействуют с атмосферой и со шлаком. Наблюдается низкое (5-15%) усвоение алюминия жидким металлом. Дефицит и высокая стоимость алюминия постоянно заставляют металлургов искать пути снижения его расхода. Одним из решений поставленной задачи является увеличение плотности алюминиевого слитка путем ввода утяжелителя и с одновременной изоляцией его поверхности от воздействия окислительного шлака [1; 2].

Данная задача относится к задачам теплопроводности с подвижными границами раздела фаз. Целью работы является разработка и усовершенствование математических моделей кинетики плавления кусковых материалов цилиндрической формы в расплаве при несимметричных граничных условиях [3; 4].

При вводе слитка в процессе выпуска металла из конвертера в сталеразливочный ковш он будет находиться в объеме расплава или на границе шлак-металл. После расплавления намерзшей стальной оболочки и затем чугунной оболочки часть жидкого алюминия всплывет на шлак, а частично конвективными потоками металла попадет в объем металла.

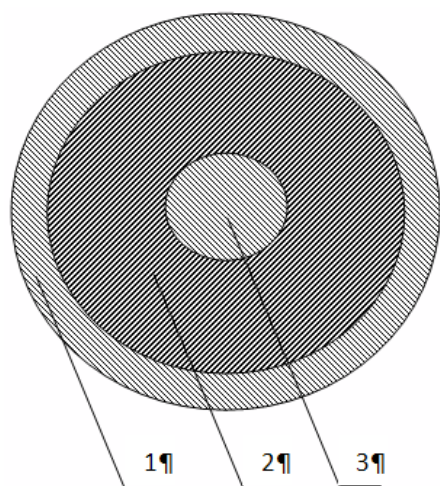


Рис. 1. Комбинированный алюминосодержащий слиток:
1 – чугунная оболочка слитка;
2 – алюминий; 3 – чугунный утяжелитель (вставка)

Указанный слиток представлен в виде цилиндра диаметром 70 мм и длиной 700 мм (рис. 1). Принимаем, что температуры жидкого металла t_m и жидкого шлака $t_{ш}$ постоянны. Предполагаем, что теплофизические параметры слитка и защитного покрытия не зависят от температуры.

Рассматривая различные режимы ввода раскислителя в сталеразливочный ковш можно отметить тот факт, что не всегда алюминосодержащий слиток расплавляется в объеме расплава. Возможно, что слиток всплывает на поверхность и его дальнейшее плавление происходит на границе двухфазной зоны (шлак-металл).

Разработаны математические модели процесса плавления в металлическом расплаве и на границе шлак-металл утяжеленного алюминиевого

слитка со вставкой и в защитной оболочке. Дальнейшие исследования будут заключаться в разработке алгоритмов расчетов по разработанным математическим моделям и результатами вычислительного эксперимента, проведение которого позволит установить рациональные режимы ввода слитков, обеспечивающие наиболее благоприятные условия для их расплавления в сталеразливочном ковше или ковше-печи.

Литература:

1. Моделирование процесса плавения чушкового алюминия при раскислении и доводке стали в ковше / Вихлевщук В. А., Носов К. Г., Поляков В. Ф. и др. // Изв. вузов. Черная металлургия. – 1988. – № 9. – С. 31–34.
2. Компьютерный расчет плавения алюминиевого стержня с защитным покрытием при разработке ресурсосберегающей технологии раскисления стали. / Павлюченков И. А., Бабенко М. В., Болотов В. Ю. и др. // Зб. наук. праць Дніпродзержинського державного технічного університету (технічні науки). – 2008. – Вип. 1 (9). – С.3-8.
3. Расчет кинетики плавения материалов в расплаве при несимметричных граничных условиях / Павлюченков И. А., Бабенко М. В., Волошин Р. В. и др. // Херсонский национальный унитехнический университет. «Весник». – 2009. – № 35. – С. 342–348.
4. Волошин Р. В. Математическое моделирование процесса плавения алюмосодержащего слитка при выпуске металла из конвертера в сталеразливочный ковш / Р. В. Волошин // Математичне моделювання. – 2011. – №1(24). – С. 32–34.

Д. техн. н. Горбунов А. Д., Зайченко А. А., Павленко А. С.

Днепродзержинский государственный технический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОРОДА В МАЛОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Интенсивное потребление природных энергоресурсов ведет к крупномасштабному энергетическому и природному кризису и этому значительно «помогает» стремительное сокращение легкодоступных ископаемых запасов топлива [1].

Вышеперечисленные обстоятельства по убеждению многих ученых, специализируемых в энергетике, приводят к мысли, что альтернативным топливом должен стать водород [1–3].

Успехи в развитии ряда водородных технологий (таких как топливные элементы, транспортные системы на водороде, металогидридные и многие другие) продемонстрировали, что использование водорода приводит к качественно новым показателям в работе систем и агрегатов. Производство и использование водорода в стационарной энергетике позволит более эффективно сжигать имеющиеся в большом количестве низкорреакционные угли (без дополнительного использования природного газа) и на их основе производить синтетические газообразные и жидкие топлива. Использование водорода в качестве как основного, так и дополнительного энергоносителя позволит не только существенно сократить потребление

ископаемых углеводородных топлив, но и в значительной степени решить многие глобальные и региональные экологические проблемы, в том числе существенно снизить загрязнение атмосферы [3].

Известны различные методы получения водорода при разложении воды: термический, электролитический, каталитический, термохимический, термогравитационный, электроимпульсный и прочие [1; 3]. Традиционный способ получения водорода с помощью электролиза требует значительных электрических токов и добавления в воду электролитов.

С позиции энергозатрат наиболее энергоемкий – термический способ, а наименее энергоемкий – электроимпульсный метод американца Стэнли Мэйера [4], разработавший электрическую ячейку, которая позволяет разделять обыкновенную водопроводную воду без электролитов на водород и кислород с гораздо меньшей затратой энергии, чем требуется при обычном электролизе.

Ячейка Мэйера имеет много общего с электролитической ячейкой, за исключением того, что она работает при высоком потенциале и низком токе лучше, чем другие методы.

Последователем идеи Стэнли Мейера можно назвать Андрея Зайченко. Его водородный генератор (ВГ) [5] представляет собой усовершенствованную версию водно-топливной ячейки с площадью электродов 150 см^2 . Экспериментальный стенд ВГ А.Зайченко находится в Днепродзержинском государственном техническом университете на кафедре Теплоэнергетики. На этом стенде выполнен большой объем экспериментальных исследований, в результате которых были получены и проанализированы технико-экономические показатели работы водородного генератора при различных режимах. Было установлено, что генерация 1 м^3 газа обходится в 12 грн. за потребляемую электроэнергию, из расчета 0,35 грн за $1 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$.

Литература:

1. Шпильрайн Э. Э. Введение в водородную энергетику / Э. Э. Шпильрайн, С. П. Малышенко, Г. Г. Кулешов. – М. : Энергоатомиздат, 1984. – 264 с.
2. Ляшков В. И. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии / В. И. Ляшков, С. Н. Кузьмин. – Тамбов : ТГТУ, 2003. – 72 с.
3. Якименко Л. М. Электролиз воды / Л. М. Якименко, И. Д. Модылевская, З. А. Ткачек. – М. : Химия, 1970. – 264 с.
4. Сайт радиолюбителя. Научно-практическое пособие по электронике. Как работает ячейка Мэйера? Двигатель на воде [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.meanders.ru/meiers.shtml>
5. Горбунов А. Д. К вопросу о малой водородной энергетике. Тезисы 17 междунар. конф. «Теплотехника и энергетика в металлургии» / А. Д. Горбунов, А. А. Зайченко, Е. И. Гапон. – Днепропетровск : НМетАУ, 2014. – С. 63–64.

Д. техн. н. Горбунов А. Д., д. техн. н. Сигарёв Е. Н., Семенова Д. А.
 Днепродзержинский государственный технический университет

МОДЕЛЬ РАСЧЕТА НАГРЕВА АЗОТА В СИСТЕМЕ ГАЗ-ОГНЕУПОР

С целью продления стойкости футеровки, проводят ряд кампаний, одна из которых – раздувка конечного шлака струями азота, при которой образуется защитный слой, гарнисаж, на поверхности футеровки.

Решение задачи определения теплообмена в системе газ-огнеупор в процессе ошлакования футеровки, позволит оценить изменение температуры азота в полости конвертера, которая влияет на формирование гарнисажного слоя: его толщину и стойкость.

Теплообмен между футеровкой и азотом, считая его термически тонким телом, будем определять с помощью дифференциального уравнения теплового баланса, с учетом уноса теплоты Q_y , покидающей полость конвертера с азотом

$$C_v \cdot V \cdot dt + Q_y \cdot d\tau = q \cdot F \cdot d\tau, \quad (1)$$

где $t(\tau)$ – среднемассовая искомая температура азота, °С; τ – время процесса, с; $q = \alpha \cdot (t_n - t)$; $Q_y = C_p' \cdot V_r \cdot (t - t_0)$; $C_p' = C_p \cdot \rho_{n,y}$; α – коэффициент теплоотдачи от футеровки к газу, Вт/м²К; t_n – температура поверхности футеровки, °С; $C_v = C_p \cdot \rho$ – объемная теплоемкость азота, Дж/м³К; $\rho = P/(RT)$ – плотность газа, кг/м³; V_r – объемный расход азота, м³/с; V , F – объем и поверхность пустой полости конвертера, м³ и м².

$$\text{Начальное условие } t(0) = t_0. \quad (2)$$

Заменим элемент времени $d\tau = dz/W$ и приведем уравнение (1) к каноническому виду

$$\frac{dt}{dz} + f(z) \cdot t(z) = g(z), \quad (3)$$

где z – текущая высота полости конвертера, начиная с его дна, м;

$$f(z) = \frac{1}{C_1 \cdot V} \cdot (C_p' V_r + \alpha \cdot F) = A_2 + A \equiv A_3; \quad C_1 = C_v \cdot W; \quad A_2 = \frac{C_p' \cdot V_r}{C_1 \cdot V}; \quad A = \frac{\alpha}{C_v \cdot R_{np} \cdot W};$$

$$g(z) = A_2 \cdot t_0 + A \cdot t_n; \quad R_{np} = \frac{V}{F} \text{ – приведенный радиус полости, м.}$$

Расход и скорость газа в пересчете на реальные условия

$$V_r = V_0 \cdot (1 + \beta \cdot T), \quad W = W_0 \cdot (1 + \beta \cdot T), \quad (4)$$

где V_0 и W_0 – расход газа и его скорость при нормальных условиях; $\beta = 1/273$.

Величины α , C_v , C_p' , V_r и W усредняем по температуре и считаем A_3 и $g(z)$ постоянными.

$$\text{Тогда } F(z) = \int_0^z f(x) dx = \int_0^z A_3 \cdot dz = A_3 \cdot z.$$

Решением (3) будет: $t(z) = e^{-F(z)} \cdot (C + \int_0^z e^{F(z)} \cdot g(z) \cdot dz) = e^{-A_3 \cdot z} \cdot (C + \frac{g}{A_3} \cdot (e^{A_3 \cdot z} - 1))$.

Постоянную С найдем из начального условия (2): $C = t_0$.

Окончательно температура азота $t(z) = t_0 \cdot e^{-A_3 \cdot z} + \frac{g}{A_3} (1 - e^{-A_3 \cdot z})$. (5)

Оценим влияние теплоты газов Q_y , уходящих из полости конвертера. Положим $Q_y=0$, тогда $A_2=0$; $A_3=A$ и решение (5) для температуры азота станет

$$\theta(z) = (t(z) - t_n) / (t_0 - t_n) = e^{-A \cdot z}; \quad t(z) = t_n - e^{-A \cdot z} \cdot (t_n - t_0). \quad (6)$$

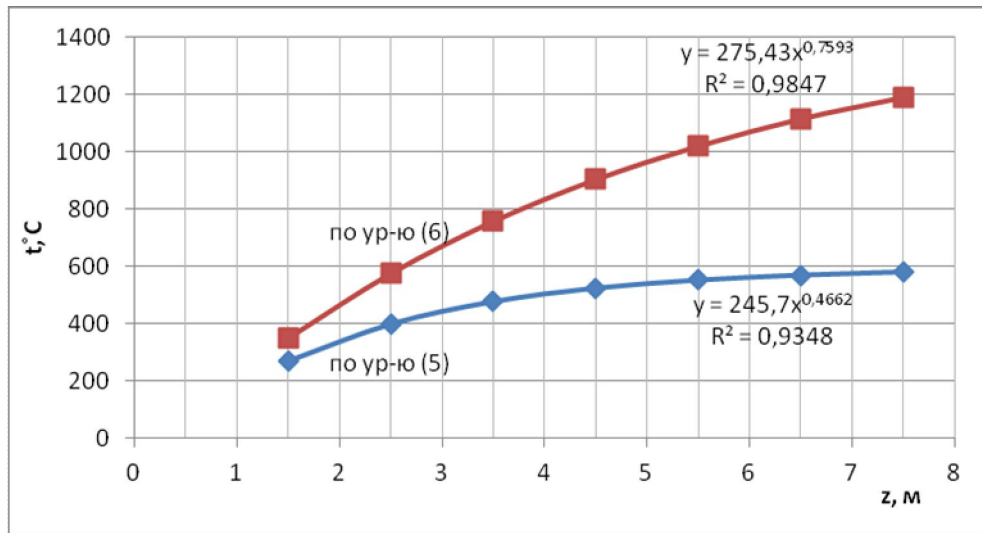


Рис. 1. Зависимость температуры азота от высоты конвертера

Для расчета $t(z)$ нам необходимо знать ряд усредненных значений:

- скорость потока азота W , которая согласно уравнению неразрывности, будет мала из-за малого отношения площади сечения струи из фурмы и всего конвертера. Функция скорости азота и объемного расхода линейная. Используя формулу (4), найдем среднюю скорость и расход газа от t_0 до t_n , тогда

$$\bar{W}(t_{cp}) = W_0 \cdot (1 + \beta \cdot t_{cp}); \quad \bar{V}_r = V_0 \cdot (1 + \beta \cdot t_{cp}), \quad (7)$$

где $t_{cp} = \frac{t_0 + t_n}{2}$;

- теплофизические свойства (ТФС) азота хорошо известны и с точностью до 1%. Аппроксимация ТФС, взятых из [1] имеет вид:

$$C_p = 0,094T + 1001, \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)} \text{ и } C_v = 252188T^{-0,94}, \text{ Дж/(м}^3 \cdot \text{К)}; \quad (8)$$

- относительно коэффициента теплоотдачи. Например, в работе [2] расчеты по сложным формулам вынужденной конвекции дают $\alpha_{вын} = 100 \dots 500 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$ при скоростях потока $W = 200 \dots 300 \text{ м/с}$. А при малых скоростях движения следует учитывать свободную конвекцию с коэффициентом $\alpha_{св}$, который находим по известному критериальному уравнению теплопередачи. В этом случае для расчета суммарного коэффициента теплоотдачи можно использовать формулу:

$$\alpha = \sqrt{\alpha_{вын}^2 + \alpha_{св}^2}. \quad (9)$$

Аппроксимация суммарного коэффициента теплоотдачи (9) имеет вид:

$$\alpha = 178,2T^{0,0014}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}). \quad (10)$$

Среднее значение $\alpha|_{t_0}^{t_n} = 176,52 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

По формуле (5) делаем расчеты, принимая температуру поверхности футеровки $t_{\text{п}} = 1500^\circ\text{C}$, температуру азота на выходе из сопел $t_0 = -98^\circ\text{C}$. По данным расчета по формулам (5) и (6) был построен график изменения температуры газа от высоты конвертера z (рис. 1).

Таким образом, учет теплоты, покидающей полость конвертера с азотом, приводит к снижению температуры газа примерно на 600°C .

Литература:

1. Мельников Е. Я. Справочник азотчика. Том I / Е. Я. Мельников. – М. : Химия, 1967. – 492 с.
2. Гичев Ю. А. Тепловое взаимодействие газовой струи и шлака в системе газодинамической отсечки / Ю. А. Гичев, В. А. Перцевой // В кн.: *Металлургическая тепло-техника* : сб. науч. тр. Национальной металлургической академии Украины. – 2009. – № 1(16). – С.53-64.

Д. техн. н. Горбунов А. Д., Уклеина С. В.

Днепродзержинский государственный технический университет

ИНЖЕНЕРНАЯ МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВРЕМЕНИ ИНЕРЦИОННОГО ПЕРИОДА В ЛИНЕЙНЫХ ЗАДАЧАХ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ПРИ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЯХ I РОДА

При рассмотрении инерционной (начальной) стадии, можно ввести известное [2] понятие о толщине термического (прогретого) слоя переменной толщины $\delta(\tau)$. Считается, что при $x \geq \delta(\tau)$ температура в этих точках отличается не более, чем на $\varepsilon_{\text{п}} = 5\%$ от первоначальной T_0 , где $\varepsilon_{\text{п}}$ можно трактовать как степень прогрева центра тела.

Чаще всего, для большинства задач реализуется так называемый «корневой» закон изменения термического слоя во времени:

$$S(Fo) = \frac{\delta(\tau)}{R_0} = 2u_0 \sqrt{Fo}, \quad (1)$$

где Fo – число Фурье, u_0 – постоянная величина, существенно зависящая от геометрии тел и вида граничного условия.

Получим решение несколькими способами.

1) Приближенный метод Ю. С. Постольника.

Следуя [2], запишем:

$$S(Fo) = \sqrt{12kFo}, \quad (2)$$

где k – фактор геометрической формы, равный 1, 2, 3 соответственно для пластины, цилиндра и шара.

Время инерционного периода Fo_1 находится из условия достижения теплового возмущения центральных точек тела, т.е. из условия $\delta(\tau_1) = R_0$ или $S(Fo_1) = 1$. Тогда из (2) будем иметь

$$Fo_1 = 1/(12k). \quad (3)$$

2) Предлагаемая методика.

В работе [3] было получено для:

Температуры в центре тела

$$\vartheta_{ц}(Fo) = \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cdot e^{-a_n^2 Fo}, \quad (4)$$

Здесь a_n – корни характеристического уравнения; A_n – центральная амплитуда.

Условно можно считать, что инерционный период нагрева закончится в момент времени Fo_1 , когда заданная температура в центре станет равной $\vartheta_{ц,з} = (1 - \varepsilon_{п}) = 0,95$ и свидетельствующей о том, что уже все тело начинает прогреваться.

Используя два члена ряда (4), после логарифмирования, получим:

$$Fo_1 = \frac{1}{a_1^2} \ln \frac{A_1 \cdot (1 - \varepsilon_1)}{\vartheta_{ц,з}}, \quad (5)$$

где $\varepsilon_1(Fo_1) = (A_2/A_1) \cdot \exp(-a \cdot Fo_1)$; $a = a_2^2 - a_1^2$.

Ввиду зависимости $\varepsilon_1(Fo_1)$, уравнение (5) должно решаться методом последовательных приближений или другим, например, методом касательных Ньютона.

Используя инженерную методику [3] расчета корней, время инерционного периода можно записать в виде:

$$Fo_1 = \frac{\gamma_{\infty}}{D_{\infty}} \cdot \ln \frac{A_1}{0,95}, \quad (6)$$

где $A_1 \cong 0,4(k + 2)$; $D_{\infty} = k(k + 2)$; $\gamma_{\infty} = (1 + \sqrt{1 + 4\rho_{\infty}})/2$; $\rho_{\infty} = k/(k + 4)$.

Было получено также следующее упрощенное уравнение

$$Fo_1 = \frac{1}{k(k + 2)} \text{Чн}\left(\frac{k + 2}{2}\right). \quad (7)$$

3) Точные решения А. В. Лыкова.

Точные значения времени Fo_1 были определены по табл. 4.2, 4.5 и 4.6 [1] из условия наступления температуры $\vartheta_{ц,з} = 0,95$ в центре пластины, цилиндра и шара соответственно.

Для сравнения и анализа в табл. 1 приведено время инерционного периода Fo_1 , рассчитанное по разным формулам.

Таблица 1

Время инерционного периода при граничных условиях I рода

Форма тела	Точное из [1]	По уравнению (3)	По (5)	По (6)	По (7)
Пластина	0,099	0,0833	0,1187	0,0911	0,135
Цилиндр	0,068	0,0417	0,0904	0,0823	0,087
Шар	0,055	0,0278	0,0754	0,0657	0,061

На рис. 1 представлена графическая зависимость времени инерционного периода от фактора геометрической формы k , рассчитанная по разным методикам.

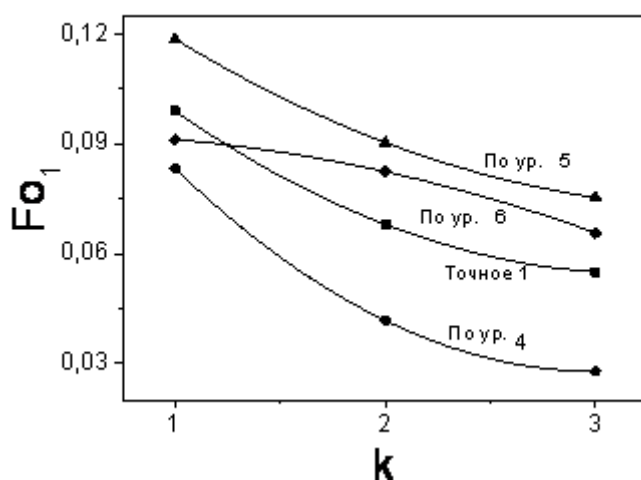


Рис. 1. Зависимость времени инерционного периода от формы тела

Из анализа рис. 1 вытекает, что наиболее близко к точному решению подходит расчет по простой приближенной формуле (6).

Литература:

1. Лыков А. В. Теория теплопроводности. – М.: Высшая школа. 1967. – 600 с.
2. Постольник Ю. С. Приближённые методы исследования в термомеханике / Ю. С. Постольник. – К.–Донецк : Высшая школа, 1984. – 158 с.
3. Горбунов А. Д. К аналитическому расчету термических напряжений при конвективном нагреве тел простой формы / А. Д. Горбунов // Математическое моделирование. – Днепропетровск : ДГТУ, 2012. – № 1(26). – С.39–45.

Дмитриев В. И.

ГВУЗ «Национальный горный университет», г. Днепропетровск

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПАРАМЕТРА

Производственные процессы промышленного производства являются достаточно сложными для моделирования, контроля и управления.

Автоматический контроль параметров технологии процессов обеспечивается различными датчиками, приборами, устройствами на основании анализа и моделирования задач управления с применением статистических и динамических моделей. Большинство систем технологий процессов [1] обуславливает контроль материальных потоков по ходу их преобразования из сырья в конечный продукт производства для обеспечения технологического режима. Особую сложность представляют участки технологии с дискретным характером преобразования и движения материального потока. Одним из таких участков является передвижение материального потока «песков» в спиральном классификаторе при рудоподготовке в 1-ой стадии замкнутого цикла измельчения обогатительного производства.

В докладе рассмотрена [2] технология производственного процесса и обоснована важность контроля производительности по «пескам», как технологического параметра процесса. Известно много попыток его контроля, как косвенными методами, так и прямыми, однако они не привели к разработке требуемого средства контроля, что существенно усложняет задачу управления технологией процесса.

В докладе рассмотрена технология работы спирального классификатора (СК), основанная на его техническом устройстве. Материальный поток в СК передвигается с помощью специального спирального механизма – многовитковой спирали. Она расположена в специальном коробе – корыте классификатора и наклонно по отношению к линии горизонта. В нижнюю часть корыта непрерывно подается измельченный продукт – руда в виде пульпы (смеси измельченных частиц руды с водой) и равномерно осаждается между витками спирали. Они непрерывно вращаются и передвигают осевшую между витками руду в верхнюю часть корыта, где дискретно, порциями сбрасываются в «песковый желоб», по которому транспортируются потоком воды в загрузку мельницы на доизмельчение.

Визуальный анализ технологии описанного процесса позволил перейти к геометрическому моделированию порции «песков» и построению ее математической модели. Отдельная порция «песков» передвигается витком вращающейся спирали и представляется в виде конуса, опирающегося основанием на плоскость витка спирали. Его боковая поверхность образуется с одной стороны профилем желоба вращения, а с другой – поверхностью порции при ее вращении и передвижении.

Геометрия порции «песков» [3; 4] фиксируется размерами витка спирали и расстоянием между витками спирали согласно типу спирального классификатора.

При достижении вершиной конуса порции песков предыдущего витка он превращается в усеченный конус, что также геометрически обуславливается.

В докладе рассмотрено образование математической модели объема порции «песков» на основании приведенного описания [5] в виде двойного интеграла рассмотренного конуса, с возможным переходом к усеченному конусу. Все геометрические размеры конуса привязаны к размерам СК заданного типа.

Естественно, что геометрия конуса порции отличается от теоретической, поэтому в математическую модель порции введены корректирующие коэффициенты, повышающие точность оценки объема порции «песков». Они представлены теоретически и уточнены экспериментально в реальных условиях технологии производственного процесса обогатительной фабрики.

На объем порции песков и размеры образуемого конуса влияет также и плотность материала внутри порции, крупность частиц перемещаемой порции при конкретном режиме технологического процесса, что учтено в результирующей математической модели и обуславливает возможную погрешность оценки объема конуса.

Полученная математическая модель порции «песков» положена в основу метода контроля технологического параметра – производительности СК по «пескам» и разработки собственно методики. Она проверена и уточнена для условий ряда железорудных обогатительных производств и подтвердила свою работоспособность. Средняя ошибка контроля при ручном опробировании в условиях производства не превышала $\pm 10\%$, что в 2–3 раза точнее известного и принятого метода оценки параметра по «балансу расчетного класса крупности». Она может успешно применяться при градуировке автоматических средств контроля и оперативной оценки технологического параметра. Производительность спирального классификатора по «пескам» оценивается путем опробования высоты порции «песков», с помощью специального зонда, и отбора плотности «песков» при сбрасывании порции в «песковый желоб». По этим данным рассчитывается производительность с учетом скорости вращения спирали СК. Для автоматизации расчета оценки производительности разработан алгоритм процесса контроля, который положен в основу специальной компьютерной программы для конкретного типоразмера СК и конкретного замкнутого цикла рудоподготовки. Общее время получения значения производительности в период исследований составило не более 5 мин.

Литература:

1. Бедрань Н. Г. Практикум по обогащению полезных ископаемых : учеб. пособ. для вузов / Н. Г. Бедрань, А. И. Денисенко, Е. Е. Серго. – М. : Недра, 1991. – 526 с.: ил.
2. Остапенко П. Е. Обогащение железных руд / П. Е. Остапенко. – М. : Недра, 1977. – 274 с.
3. Голованов Н. Н. Геометрическое моделирование / Н. Н. Голованов. – М. : Изд-во физико-математической лит-ры, 2002. – 472 с.
4. Марюта А. Н. Экспериментальное определение статических характеристик объектов управления обогатительных фабрик / А. Н. Марюта, В. А. Бунько. – М. : Недра, 1969. – 120 с.
5. Корн Г. А. Справочник по математике для научных работников и инженеров / Г. А. Корн, Т. М. Корн. – М. : Наука, 1978. – 832 с.

Д. техн. н. Довгалоук Б. П., Волошин Р. В., Журбицький Б. В.

Дніпродзержинський державний технічний університет

ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА ТЕЛЕВІЗІЙНОГО БУКВЕНО-ЦИФРОВОГО ЗАСОБУ ВІДОБРАЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ В АСК ТП ДОМЕННОЇ ПЕЧІ

За останні роки постало актуальне питання організації процесу доменної плавки без вдування природного газу, а використовувати пиловугільне паливо (ПВП). Для таких умов необхідно розробити математичну модель ефективності використання ПВП і на її основі створити алгоритм та автоматизовану систему керування технологічним процесом (АСК ТП), яка б здійснювала контроль ефективності ПВП і керування його витратою.

Основними параметрами вхідної інформації такої АСК ТП являються: концентрація в колошниковому газі CO , CO_2 , H_2 ; витрата дуття, технологічного кисню, пиловугільного палива; вологість дуття; температура дуття; хімічний склад шихтових матеріалів та палива; температура фурмених вогнищ; температура та вихід колошникового газу тощо.

Розробка функціональної схеми буквено-цифрового засобу відображення інформації телевізійного типу дозволить створити комфортні умови для експлуатаційного персоналу печі, що сприятиме кваліфікованому і ефективному використанню АСК ТП та вплине на покращення техніко-економічних показників доменної плавки. Дослідження показують, що внаслідок коливання в часі розподілу газового потоку та шихти, температури газового потоку, гранулометричного складу шихти тощо, оптимальний рівень витрати паливної добавки змінюється. Внаслідок цього, постала проблема – створення методів контролю ефективності використання паливної добавки та оптимізації її кількості, а також розробка функціональної схеми буквено-цифрового засобу відображення інформації телевізійного типу. Розроблено математичну модель ефективності використання паливної добавки, на основі якої створено алгоритм та автоматизована системи оптимізації витрати паливної добавки. Проаналізовано різноманітність індикаторів, сформульовано основні вимоги, які пред'являють до індикаторів, це: якість сприйняття; кольоровість (можливість генерації трьох основних кольорів); схеми керування (спосіб зміни знака, електрична сумісність з елементною базою мікроелектроніки); висока інформативність; експлуатаційні характеристики; технологічність.

Запропоновано функціональну схему буквено-цифрових засобів відображення інформації (ЗВІ) телевізійного типу. Інформаційний масив в об'ємі декількох кадрів заноситься через пристрій інтерфейсу (ІІ) в буферний запам'ятовуючий пристрій (БЗІІ). Інформаційна ємність БЗІІ $S_{\text{бзл}} = N_{3n} \times n$ де N_{3n} – кількість комірок пам'яті; n – розрядність комірки пам'яті. Розрядність елементу пам'яті n визначається кількістю розрядів, необхідних для кодування знаку і його ознак (кольору,

розміру, мерехтіння, орієнтації тощо). *Перетворювач коду інформаційної моделі ПКІМ* (знакогенератор) здійснює перетворення коду знаків, які зберігаються в *БЗП*, в послідовний код, що формує в процесі телевізійної розгортки послідовність відео імпульсів для підсвітки елементів відображення (*ЕВ*), що входять в контури відображаних знаків. Найпоширенішими є знакогенератори, виконані на базі матриці-накопичувача постійно запам'ятовуючого пристрою (*ПЗП*), в якій зберігається інформація про зображення всіх знаків алфавіту. Після установки адреси на входах *БЗП* інформація на його виході встановиться через час вибірки. Після встановлення інформації на виході *ПЗП* її можна переписати паралельно в регістр P_2 по входах і приступити до адресації наступного знаку. Одночасно виконують послідовний вивід інформації, записаної в регістр. Адресація номера знакомісця в текстовому рядку здійснюється за допомогою лічильника знакомісць $S_{чzn}$, вміст якого змінюється на одиницю після формування елементів знаку і проміжку між знаками на одному телевізійному рядку. Лічильник знакомісць керується імпульсами з виходу пристрою синхронізації.

Ємність лічильника $S_{чzn}$ дорівнює кількості знаків в текстовому рядку. Після формування всіх елементів знаків, розташованих на одному телевізійному рядку, здійснюється формування елементів наступного телевізійного рядка. Номер ряду матриці задається лічильником $S_{чZ}$. Ємність лічильника $S_{чZ}$ вибирають рівною $(h'_z + h'_n)$. Тут h'_z - відносний розмір матриці по вертикалі; h'_n - відносний розмір проміжку між рядками. Після опиту h'_z рядків формується повний текстовий рядок. Далі протягом h'_n рядків пристрій синхронізації забороняє знімання інформації з *ПЗП*. Імпульсом переповнення лічильника $S_{чZ}$ змінюється на одиницю вміст лічильника текстових рядків $S_{чmp}$, який управляє старшими розрядами *БЗП*. Після формування всіх текстових рядків N_{mp} процес формування повторюється з частотою кадрів f_k або полів f_n . Формування телевізійного растру здійснюється за допомогою блоку розгортки (*БР*),

Дояр І. А., д. техн. н. Пошивалов В. П.

Институт технической механики НАНУ и ГКАУ

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ НЕИЗОТЕРМИЧЕСКОЙ ПОЛЗУЧЕСТИ

Прогнозирование времени до разрушения материалов, основанное на полученных экспериментальных данных, позволяет решить задачу увеличения сроков службы ответственных изделий как на стадии проектирования, так и в процессе их эксплуатации [1; 2].

Для описания разброса характеристик длительной прочности рассмотрена стохастическая модель ползучести, принята степенная зависимость от напряжения

и экспоненциальная зависимость от температуры скоростей ползучести $\dot{\epsilon}$ и структурного параметра поврежденности $\dot{\omega}$ соответственно [3].

В качестве экспериментальных данных использованы результаты испытаний на длительную прочность при разных уровнях напряжения и температуры, полученные Kowalewski Z. L. [4].

В работе использованы метод множественной регрессии для идентификации констант ползучести материала, а также метод исключения случайных выбросов из экспериментальных данных [5].

При заданных произвольных значениях напряжения и температуры определена функция распределения времени до разрушения.

Разработано программное обеспечение для реализации стохастической модели и проведены расчеты по экспериментальным данным, подтверждающие адекватность модели.

Литература:

1. Работнов Ю. Н. Ползучесть элементов конструкций / Ю. Н. Работнов. – М. : Наука, 1966. – 752 с.
2. Пошивалов В. П. Об одном подходе к определению времени до разрушения в условиях ползучести / В. П. Пошивалов // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 1993. – №3. – С. 56–60.
3. Гораш Е. Н. Неизотермическая ползучесть и повреждаемость элементов паровых турбин / Е. Н. Гораш, С. В. Лысенко, Г. И. Львов // Вестник НТУ "ХПИ". Динамика и прочность машин : сборник научных трудов. – №21. – 2006.
4. Kowalewski Z. L. Creep analysis of M1E copper and PA6 aluminum alloy subjected to prior plastic deformation / Z. L. Kowalewski // Journal of theoretical and applied mechanics. – 2005. – Vol. 43, No. 2. – P. 241–256.
5. Локощенко А. М. Методика описания ползучести и длительной прочности при чистом растяжении / А. М. Локощенко, С. А. Шестериков // Журнал прикл. механики и технич. физики. – 1980. – № 3. – С. 155–159.

Д. техн. н. Дранишников Л. В.

Дніпродзержинський державний технічний університет

РИЗИК-АНАЛІЗ ВІД ЗБИТКУ ТЕХНОГЕННИХ АВАРІЙ

Для кількісної оцінки ризику запропонована класифікація оцінки ризику: комплекс моделей включає логіко-графічні (мають вигляд семантичних графів), логічні (сукупність логічних виразів, що характеризують послідовність розвитку аварійних подій) і ймовірнісні моделі аналізу і оцінки ризику (співвідношення для визначення ризику аварії в термінах теорії вірогідності), призначені для аналізу і оцінки ризику виникнення аварій і нанесення економічного, екологічного і соціального виду збитків в результаті аварій.

Логіко-графічна модель може бути умовно розбита на ряд рівнів (до п'яти), кожен з яких відображає певний етап виникнення і розвитку аварії: *перший рівень*

відображає причини виникнення аварійної ситуації (P) – технологічне відхилення або порушення, відмову систем управління, організаційне відхилення або порушення; *другий рівень* відображає власне аварійну ситуацію (S_j); *третій рівень* відображає чинники ризику (F_j), що виникають від реалізації деякої аварійної ситуації (тут можуть виникати первинні і вторинні чинники ризику); *четвертий* (або п'ятий), залежно від чинників ризику (первинні чинники ризику можуть призводити безпосередньо до різних видів ризику), рівень відображає види ризику (R_k): R_1 – економічний, R_2 – соціальний, R_3 – екологічний. На рис. 1 у вигляді семантичного графа представлена логіко-графічна модель аналізу ризику устаткування з отруйними хімічними речовинами (ОХР). Ситуаціями є: S_1 – повне руйнування ємності з газоподібним ОХР; S_2 – часткова розгерметизація ємності з газоподібним ОХР; S_3 – часткова або повна розгерметизація трубопроводу з газоподібним ОХР; S_4 – повне руйнування ємності із зрідженим ОХР; S_5 – часткова розгерметизація ємності із зрідженим ОХР; S_6 – випаровування із струменя зрідженого ОХР, що викидається з повністю або частково розгерметизованого трубопроводу або ємності.

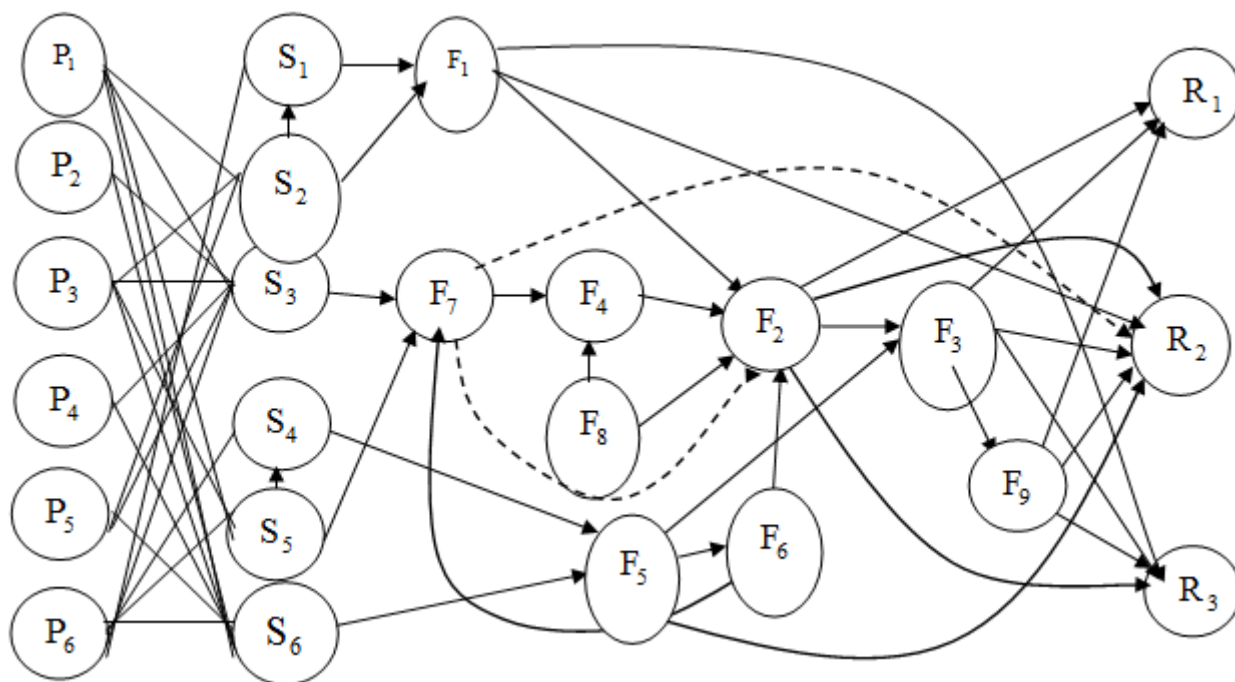


Рис. 1. Логіко-графічна модель аналізу ризику устаткування з ОХВ

Чинниками ризику на різних рівнях розвитку аварії є: F_1 – викид газу з ємності; F_2 – вибух; F_3 – пожежа; F_4 – загазованість промтериторії; F_5 – розлив зрідженої ОХР; F_6 – випаровування рідини з протоки; F_7 – утворення хмари (токсичної або вибухонебезпечної); F_8 – утворення хвиль тиску; F_9 – подальший розвиток аварії на промтериторії підприємства і за його межами.

Найбільш небажаним є розвиток аварії з виникненням чинників F_2, F_3, F_9 , що призводять до найбільш істотних наслідків – трьох видів ризику в результаті

аварії. Розвиток аварій за сценаріями, що призводять до проміжних чинників ризику F_1, F_5, F_7 , є найменш небезпечними і може призвести лише до екологічного і соціального ризиків з різною тяжкістю наслідків.

Ймовірності виникнення факторів ризику, а також деякі ймовірності виникнення ризиків при різних сценаріях розвитку аварії є вихідними даними і визначаються на основі статистичних даних [ГОСТ 12.3.047-98].

Розрахунки були виконані для всіх ситуацій і сценаріїв на першому та другому укрупненому рівні. Для першого укрупненого рівня розвитку аварії (з найменшими наслідками) від j -ї аварійної ситуації для будь-якого g -го сценарію, що призводить до екологічного і соціального видів ризику, останні потрібно визначати як множення вірогідності виникнення аварійної ситуації P_j , ймовірність виникнення i -го чинника ризику від j -ї аварійної ситуації за g -м сценарієм розвитку аварії і вірогідності того, що i -й чинник ризику від j -ї аварійної ситуації за g -м сценарієм розвитку аварії призведе до k -го виду ризику E_k^{jigi} . Другий укрупнений рівень розвитку аварії відповідає подальшому її розвитку через одну або декілька проміжних подій, кожна з яких може призводити для різних сценаріїв до економічного, екологічного і соціального видів ризику.

Иванов В. И., к. техн. н. Скачков В. А., к. техн. н. Нестеренко Т. Н.

Запорожская государственная инженерная академия

МОДЕЛИРОВАНИЕ МАССОПЕРЕНОСА ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ ПРИ ЭЛЕКТРОЛИЗЕ ИОННЫХ РАСПЛАВОВ

Вопросы электролиза ионных расплавов рассматривали в работах [1–3]. Актуальной остается постановка связанной задачи, которая объединяет массоперенос по объему расплава, явления на границе «расплав-электрод», а также массоперенос атомов по объему электродов с возможностью образования новой фазы и движения ее фронта.

Массоперенос активных частиц в объеме ионного расплава может быть описан уравнением [4]:

$$\frac{\partial C_i}{\partial \tau} = D_i \cdot \nabla^2 C_i + \frac{z_i \cdot F \cdot D_i}{R \cdot T} \cdot \nabla(C_i \cdot \Delta \phi) - \vec{\mathfrak{G}} \cdot \nabla C_i, \quad (1)$$

где C_i , D_i , z_i – соответственно концентрация частиц, коэффициент диффузии и заряд частиц сорта i ; $\Delta \phi$ – градиент потенциала; $\vec{\mathfrak{G}}$ – скорость движения гидродинамического потока; F – число Фарадея; τ , T – время и температура процесса электролиза.

При установившемся режиме уравнение (1) имеет вид

$$\frac{\partial^2 C_i}{\partial x^2} + \left(\frac{z_i \cdot F \cdot \Delta \phi}{R \cdot T} - \frac{\vec{\mathfrak{G}}}{D_i} \right) \frac{\partial C_i}{\partial x} = 0, \quad (2)$$

где x – координата, перпендикулярная плоскости электродов с нулевым значением в центре электролитной ячейки.

Значения концентрации в центре электролитной ячейки должно удовлетворять условию

$$C_i|_{x=0} = C_i^0, \quad (3)$$

где C_i^0 – концентрация частиц сорта i в центре ячейки.

Решение уравнения (2) с учетом условия (3) представляется в виде

$$C_i = C_i^0 \cdot \exp \left[\left(\frac{\bar{\Phi}}{D_i} - \frac{z_i \cdot F \cdot \Delta \varphi}{R \cdot T} \right) \cdot x \right]. \quad (4)$$

Образовавшиеся атомы сорта i диффундируют в объем электрода, и при достижении предельной концентрации $C_i^{пф}$ образуется новая фаза. В пределах новой фазы уравнение массопереноса для плоского электрода можно записать

$$\frac{\partial C_i}{\partial \tau} = D_i \cdot \frac{\partial^2 C_i}{\partial x^2}, \quad (5)$$

где D_i – коэффициент диффузии атомов сорта i в материале электродов.

За границей фазового перехода уравнение (5) имеет вид

$$\frac{\partial C_i}{\partial \tau} = \frac{n \cdot D_i^0}{(C_i^0)^n} \cdot C_i^{n-1} \cdot \frac{\partial C_i}{\partial x} + D_i^0 \cdot \frac{C_i^n}{(C_i^0)^n} \cdot \frac{\partial^2 C_i}{\partial x^2}. \quad (6)$$

где C_i, C_i^0 – текущее и базовое значения концентрации атомов сорта i в объеме материала электрода; n – опытный коэффициент; D_i^0 – коэффициент диффузии, при концентрации C_i^0 .

Решение уравнения (6) можно представить в виде

$$C_i = f(x) \cdot \exp(\alpha \cdot \tau), \quad (7)$$

где $f(x)$ – функция, которая зависит только от координаты x ; α – неизвестный параметр.

После подстановки решения (7) в уравнение (6) получают

$$D \frac{d^2 f}{dx^2} - \alpha \cdot f = 0. \quad (8)$$

Решение данного уравнения можно записать как

$$f = G_1 \cdot \exp \left[- \left(\frac{\alpha}{D} \right)^{0.5} \cdot x \right] + G_2 \cdot \exp \left[\left(\frac{\alpha}{D} \right)^{0.5} \cdot x \right], \quad (9)$$

где G_1, G_2 – постоянные интегрирования.

С учетом соотношения (9) общее решение (7) будет иметь вид:

$$C_i = G_1 \cdot \exp \left[- \left(\frac{\alpha}{D} \right)^{0.5} \cdot x \right] + G_2 \cdot \exp \left[\left(\frac{\alpha}{D} \right)^{0.5} \cdot x \right] \cdot \exp(\alpha \cdot \tau). \quad (10)$$

После определения значений G_1 и G_2 получают общее решение уравнения (10).

$$C_i(x, \tau) = C_i^{\text{оп}} \cdot \exp \left[\frac{V_i^0 \cdot \tau}{C_i^{\text{оп}}} - \left(\frac{V_i^0}{C_i^{\text{оп}} \cdot D_i} \right)^{0.5} \cdot x \right]. \quad (11)$$

Для уравнения (6), описывающего диффузию атомов сорта i за границей фазового перехода, краевые условия можно записать как

$$C_i \Big|_{\substack{x=\xi \\ \tau=\tau_\xi}} = C_i^{\text{ПФ}}; \quad C_i \Big|_{\substack{x \rightarrow \infty \\ \tau=0}} = 0; \quad \frac{\partial C_i}{\partial x} \Big|_{\substack{x=\xi \\ \tau=\tau_\xi}} = \Delta C_{i,\text{доп}}, \quad (12)$$

где $C_i^{\text{ПФ}}$ – концентрация атомов сорта i , обеспечивающая фазовый переход в момент его образования τ_ξ в точке образования ξ ; $\Delta C_{i,\text{доп}}$ – допустимый градиент концентрации атомов сорта i на границе фазового перехода.

Тогда общее решение уравнения (6) имеет вид:

$$C_i = \frac{(\Delta C_{i,\text{доп}})^2}{C_i^{\text{ПФ}}} \cdot \exp \left[\frac{C_i^{\text{ПФ}}}{\Delta C_{i,\text{доп}}} \cdot (x - \xi) + D_i \cdot \frac{(C_i^{\text{ПФ}})^2}{(\Delta C_{i,\text{доп}})^2} \cdot (\tau - \tau_\xi) \right]. \quad (13)$$

Данное уравнение описывает распределение концентрации атомов сорта i за границей сформированной новой фазы.

Литература:

1. Антипин Л. Н. Электрохимия расплавленных солей / Л. Н. Антипин, С. Ф. Важенин. – М : Металлургия, 1964. – 376 с. – Библиогр. : с. 368–372.
2. Делимарский, Ю. К. Электрохимия ионных расплавов / Ю. К. Делимарский. – М. : Металлургия, 1978. – 248 с. – Библиогр. : с. 238–245.
3. Барабошкин, А. Н. Электростатизация металлов из расплавленных солей / А. Н. Барабошкин. – М. : Наука, 1976. – 371 с. – Библиогр. : с. 362–370.
4. Ibl, N. About concentration for the charged particles in fusion at the unset electrolysis / N. Ibl // Chemical Engineering Technology. – 1971. – Bd. 43, N. 4. – P. 202–215.
5. Бегунов А. И. Катодный выход по току при электролизе расплавленных солей с горизонтально расположенными электродами / А. И. Бегунов, И. И. Скобеев // Известия вузов. Цветная металлургия. – 1977. – № 1. – С. 76–81.

К. фіз.-мат. н. Карімов І. К.

Дніпродзержинський державний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ МІСЦЕВОЇ ТЕРМООБРОБКИ ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ ДЕТАЛЕЙ

В процесі розробки режимів місцевої термообробки великогабаритних деталей важливою є інформація про температурний режим виробу з врахуванням умов зовнішнього теплообміну, які визначаються характеристиками конкретного теплотехнічного обладнання, та інших специфічних умов. В залежності від останніх в відомих роботах використанні різні математичні моделі. Так, за схемою організації процесу розрізняють двохзонні і трьохзонні моделі; за геометрією виробів – моделі для циліндричних або плитних конструкцій, а також для виробів

складної форми; за врахуванням залежності властивостей та умов теплообміну від температури – лінійні і нелінійні моделі; за характеристиками теплотехнічного обладнання – моделі прямого та непрямого теплообміну і інші.

В даній доповіді пропонується узагальнений комплекс математичних моделей, які можуть бути використані при розробці інформаційної системи технолога термічного цеху. Нелінійні математичні моделі побудовані для виробів прямокутної та циліндричної форми на основі трьохзонної схеми місцевої термообробки, відповідно до якої на поверхні виробу виділяються три зони з різними умовами теплопередачі (зона нагріву + зона ізоляції + зона охолодження). При цьому враховуються класичні варіанти зовнішнього теплообміну в зоні нагріву (стала щільність теплового потоку, закон Ньютона–Ріхмана, закон Стефана–Больцмана) та різні їх комбінації.

К. техн. н. Клімов Р. О.

Дніпродзержинський державний технічний університет

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В СИСТЕМАХ ОПАЛЕННЯ

Проблема скорочення витрат енергії носить глобальний характер. Як у нас, так і за кордоном найбільша частка енергетичних ресурсів витрачається для теплопостачання та вентиляції будівель і споруд. Досвід проектування і експлуатації будівель останніх років показує широкі можливості скорочення енергоспоживання на забезпечення мікроклімату приміщень.

Не аналізуючи всі причини які стримують широке впровадження в практику енергоекономічних способів опалення, відзначимо, що основним є відсутність економічних стимулів зниження питомого енергоспоживання. У результаті радикальної економічної реформи проведеної в країні в даний час виникають передумови появи економічних важелів впливу на енергоспоживання.

У проблемі ефективного використання енергії можна виділити коло завдань, вирішення яких переслідує загальну мету вибору засобів, що забезпечують обґрунтовано необхідну витрату енергії для опалення приміщень цивільних будинків.

Зниження теплового навантаження на елементи систем опалення становить першу групу енергозберігаючих заходів. Друга група заходів спрямована на здійснення енергозберігаючих режимів роботи систем, які досягаються регулюванням потужності в експлуатаційних умовах.

Здійснення індивідуального і групового регулювання систем опалення, оптимальних режимів регулювання, робота систем зі змінною витратою повітря є ефективним засобом скорочення енергоспоживання. Методи економічного регулювання систем можуть бути доповнені використанням періодичного режиму роботи систем. Можливість застосування переривчастого опалення обмежена низкою

умов, однією з яких є величина теплової потужності системи опалення, виходячи з допустимого пониження температури повітря в неробочий час. Специфіка переривчастого опалення в тому, що в перервах між включеннями опалення можливо відчутне зниження комфортності теплової обстановки. Для нейтралізації цього наслідку може використовуватися попередній натоп (здійснюється при повітряних системах опалення поєднаних з вентиляцією) або включення променистих випромінювачів. Тривалість натопу встановлюється з умови розігріву огорожувальних конструкцій приміщення. Мірою розігріву огорожень може служити досягнення радіаційною температурою за час натопу допустимого значення. В якості допустимої радіаційної температури можна розглядати нижню межу температури, визначену з умови комфортності теплової обстановки в холодний період року.

Аналіз роботи систем традиційного і променистого опалення свідчить про явні переваги систем променистого опалення. В порівнянні з центральним паровим опаленням основними перевагами променистого опалювання є відсутність теплоносіїв таких як пара або гаряча вода і отже, відсутність котелень, теплотрас, тепловтрат при передачі тепла, скорочення обслуговуючого персоналу, зниження експлуатаційних витрат і економія енергоносія. Тому в промислових будівлях, що мають високі стелі і незначну теплоізоляцію зовнішніх конструкцій, використання систем променистого опалення є особливо ефективним.

Розроблений метод показує вплив переривчастого опалення з використанням повітряних або променистих систем на теплозахисні властивості приміщень. З одного боку, здійснення переривчастого опалення технічно найбільш просто для повітряних систем, з іншого – при суміщенні систем опалення та вентиляції економія енергії за рахунок переривчастої роботи системи опалення майже повністю перекривається збільшенням витрати тепла на вентиляцію. При використанні променистого опалення цього недоліку немає. Отримані результати свідчать про енергетичну доцільність використання переривчастого опалення в тому випадку, коли воно можливе протягом всього або значної частини опалювального періоду.

К. техн. н. Клімов Р. О., Сліпченко Є. В.

Дніпродзержинський державний технічний університет

ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ

Ефективність застосування теплових насосів в системах тепlopостачання в даний час доведена теоретично і підтверджена їх практичним використанням.

Основними елементами традиційного теплового насоса є випарник, компресор, конденсатор, дросель. Можливості оптимізації конструкції елементів теплових насосів далеко не вичерпані. Поява нових робочих тіл вимагає розробки теплообмінників та інших елементів з урахуванням їх термодинамічних і теплофізичних властивостей.

Для вдосконалення конструкції теплового насосу проведено аналіз його термодинамічного циклу ексергетичним методом на рівні визначення зовнішніх і внутрішніх втрат ексергії. Отримані результати показують, що зовнішні втрати ексергії складають приблизно 6 % від підведеної кількості енергії. Внутрішні втрати найбільшого значення набувають в компресорі та дроселі, а залишок у теплообмінних апаратах.

Проведені розрахунки впливу різних типів фреону (R-12, R-134a) для роботи вибраного типу теплового насоса показали, що за величиною технічних втрат, які можуть бути усунені режимними та конструктивними способами, при роботі на фреоні R-12 найбільші значення має конденсатор (54 %), а за ним компресор. При роботі на фреоні R-134a найбільші технічні втрати виникають в компресорі (39 %). Тому в першому випадку модернізацію конструкції теплового насоса необхідно починати з конденсатора, а в другому з компресора. При цьому можна швидко досягнути покращення роботи теплового насоса в енергетичному плані.

Таким чином, використання різних типів фреонів значно змінює ексергетичні баланси роботи теплового насоса, а використання ексергетичного методу розрахунку дозволяє визначити той елемент насоса, в якому необхідно в першу чергу знижувати втрати.

Козикова Т. П., к. техн. н. Смолянський П. С.

Криворожский национальный университет

МЕТОДЫ ЛОКАЛИЗАЦИИ ЭВОЛЮЦИОНИРУЮЩИХ ПУСТОТ

Задача локализации пустот техногенного и природного характера становится все более актуальной задачей в современных условиях, особенно при добыче полезных ископаемых открытым способом, где наибольшую опасность представляют собой эволюционирующие пустоты, то есть пустоты, которые изменяют свое положение в пространстве. Постоянные взрывы провоцируют образование и миграцию пустот. Например, в [1] описаны многочисленные случаи катастрофического выхода на поверхность такого рода пустот в условиях Центрального Горно-Обогатительного комбината (ЦГОК). Устранение последствий обрушения требует затрат значительных средств.

Эти условия делают актуальной задачу построения эффективного алгоритма локализации пустот по результатам систематических гравиметрических измерений. Задача обнаружения эволюционирующих пустот имеет целый ряд существенных особенностей, которые позволяют отнести ее решение к отдельному подклассу задач гравиметрии.

Также следует отметить, что окончательная диагностика состояния пустот требует бурения скважин. Стоимость таких работ значительна, затраты на бурение

одной скважины в условиях ЦГОКа составляют 40-50 тыс. у.е., а таких скважин для определения одной эволюционирующей полости может потребоваться несколько.

Одним из основных способов для обнаружения и локализации пустот на основании методов гравиразведки является решение интегрального уравнения первого рода относительно плотности среды. Но решить численным способом такое многомерное интегральное дискретизированное уравнение затруднительно [2]. Следовательно, определить пустоты, даже значительного объема, с помощью классических методов гравиразведки в условиях сложной геометрии карьера не представляется возможным.

Авторами предложен метод обнаружения большого класса эволюционирующих пустот на основании решения преобразованных интегральных уравнений первого рода. Для учета нестационарного характера процесса интегральное уравнение первого рода следует переписать в виде эволюционного. Рассматривая первые разности для этого уравнения, задачу можно свести к определению параметров движения полости отрицательной плотности и относительно небольшого объема по результатам измерения нормальной составляющей силы тяжести в небольшом числе точек.

Численные эксперименты: точки наблюдения для простоты выбирались в плоскости $z=0$, вдоль четырех прямых, параллельных оси OX , по всей длине области D , то есть каждая линия наблюдения составляет 600м. Число таких линий варьировалось в экспериментах от 2 до 4. На каждой линии точки наблюдения выбирались равномерно, число их менялось от 10 до 50. Но никаких ограничений на геометрию системы наблюдений в предлагаемом алгоритме не накладывается.

Рассмотренная задача достаточно трудна для численного решения. Дело в том, что полость расположена сбоку от всех точек измерений, но именно такая ситуация и характерна для рассматриваемого класса задач. На рис/ 1 приведена графическая иллюстрация решения – вертикальное сечение, проходящее через точку $X_0=40$ м (центр заданного шара). На рисунке показано, что вертикальная скважина, пробуренная через центр расчетного шара, пересечет и заданный первоначально в эксперименте (точное решение). Это решающий критерий качества решения. На рис. 2 показано горизонтальное сечение области D , проходящее через центр заданного первоначально шара (точное решение), полученное в том же расчете.

Предложен метод обнаружения большого класса эволюционирующих полостей на основании решения упрощенных интегральных уравнений первого рода. Получены расчетные формулы предлагаемого метода.

Предложен эффективный алгоритм расчета параметров эволюционных полостей при наличии высокой абсолютной погрешности измерений.

Проведены численные эксперименты для изучения эффективности предложенных алгоритмов по определению эволюционных полостей при различных уровнях погрешности и конфигурациях измерительной системы.

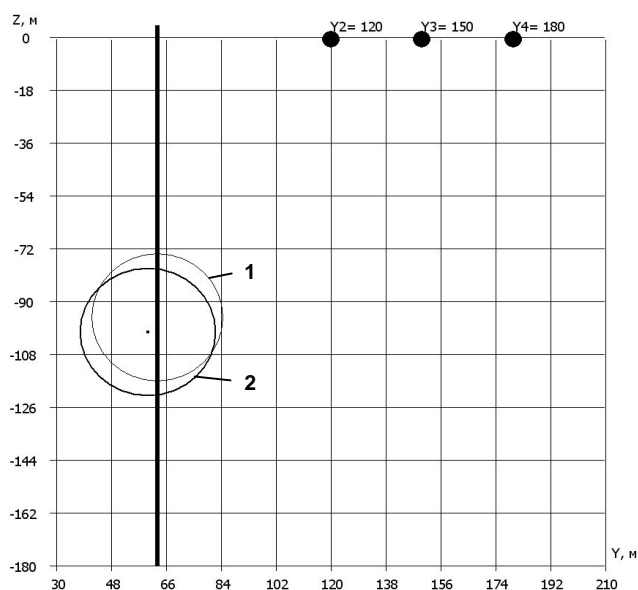


Рис. 1. Вертикальное сечение области D , проходящее через центр заданного шара:
1 – расчетное решение, 2 – точное

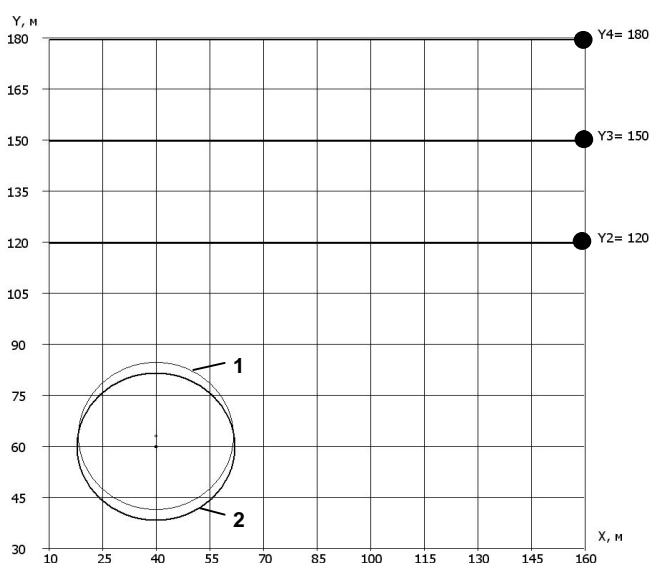


Рис. 2. Горизонтальное сечение области D , проходящее через центр заданного шара: 1 – расчетное решение, 2 – точное

На основе предложенных алгоритмов реализован способ расчета геометрии области, в каждой точке которой можно было бы определить все параметры шара с заданной вероятностью P . Произведены численные эксперименты для подтверждения эффективности алгоритма такого решения.

Показано, что предложенные алгоритмы могут быть распараллелены. Это является существенным преимуществом предлагаемых методов.

Литература:

1. Сазонов В. А. Геофизика в маркшейдерском деле / В. А. Сазонов, Д. И. Сосик. – М. : Недра, 1989. – 120 с.
2. Гравиразведка. Справочник геофизика / под ред. Е. А. Мудрецов. – М.: Недра, 1990. – 608 с.

К. техн. н. Коротков В. С., Коломоец В. А.

Днепропетровский государственный технический университет

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТАЛЛООБРАБОТКИ НА СТАНКЕ С ЧПУ

Обеспечение высокой точности фрезерной обработки на станке с ЧПУ предполагает готовность станка отработать записанные в управляющей программе (УП) перемещения рабочих органов точно без ошибок. Однако на практике, в результате

действия множества факторов, погрешности обработки могут возникать, что часто приводит к образованию неисправимого брака выпускаемой продукции.

Для исключения таких потерь целесообразно на этапе подготовки УП выполнять моделирование формообразования поверхностей детали, используя данные о состоянии станка и расчетные параметры режимов резания. Решение таких задач возможно при использовании математической модели формирования погрешностей обработки с использованием универсальной матрицы преобразования координат и параметров режущего инструмента.

Данные о состоянии станка с ЧПУ в течение предполагаемого времени металлообработки для математической модели целесообразно получать непосредственно в производственных условиях с использованием устройства для диагностики. Путем моделирования перемещений формообразующего инструмента на рабочих режимах получают данные о точности отработки заданных перемещений и податливости технологической системы во всем диапазоне рабочих режимов.

Литература:

1. Лигун А. А., Шумейко А. А., Коротков В. С. и Завацкий В. Л. Об универсальной матрице для описания формообразования поверхностей в трехмерном пространстве. – К., 1988. – 10 с. – Деп. В УкрНИИТИ 29.03.88. №754.
2. Диагностическое устройство для испытания фрезерных станков с программным управлением: А.с. 1328086 СССР, МКИ⁴ В23 С9/00. В. С. Коротков, А. В. Якимов, Н. С. Ивченко / СССР /. – 4с. : ил.

Д. физ.-мат. н. Косолап А. И., Нестеренко А. Н.

*Украинский государственный химико-технологический университет,
г. Днепропетровск*

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СБОРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Сборочное производство в машиностроении включает сотни промежуточных этапов, что затрудняет расчет времени изготовления готового изделия. Для создания математической модели функционирования производственного цеха необходимо выделить и учесть следующие наиболее важные факторы:

- моменты поступления заготовок изделия в цех;
- перемещение заготовок и материалов по производственному цеху;
- изменение их состояния (постепенная сборка изделия из отдельных деталей, изменение заготовки в процессе изготовления отдельной детали);
- изменения фонда рабочего времени, связанные с персоналом, выполняющим работу (изменение количества работающих в данный момент времени или уровня их квалификации и др.);
- взаиморасположение на планах участка или цеха оборудования (станков, верстаков, шкафов с инструментом, сборочных приспособлений, промежуточных складов и др.) и его взаимосвязь.

Существует не один способ моделирования процессов производства: от наглядной инфографики и визуализации до математических моделей. В целом, существует несколько типов моделей, делящихся в зависимости от моделируемых ими аспектов системы или объекта [1].

Модель принципа действия (концептуальная модель) характеризует самые основные свойства реальной системы. Такие модели обычно содержат небольшое количество параметров и легки для понимания.

Функциональная модель отражает то, что система выполняет, ее особенности работы системы и взаимодействия между ее элементами.

Структурная модель определяет систему с точки зрения ее физических и масштабных параметров, описывает ее в статическом состоянии.

Поскольку объектом моделирования в данном случае являются не только связи между элементами, но и одновременно протекающие во времени и взаимосвязанные процессы, необходимо применить модель особого рода: структурно-функциональную, одновременно отражающую структуру и функционирование моделируемого объекта. Одним из оптимальных вариантов создания математической модели в данном случае является применение сетей.

Рассмотрим сеть, состоящую из множества дуг G , которые указывают технологические маршруты изделий и множества вершин V (участков цеха) в которых производится обработка или сборка изделий. Обозначим через t_{i0} – время поступления i -й заготовки в цех, а через s_{ij} – ее технологический маршрут по j -м участкам цеха. Известно время t_{ij} обработки или сборки заготовок на j -м участке цеха. Если на j -м участке производится сборка изделия, то в соответствующую вершину сети будет входить несколько дуг, если только обработка изделия, то только одна дуга. Из каждой вершины такой сети будет выходить только одна дуга. Такая сеть представляется в виде обратного дерева, начальной вершиной которого является операция приемки готового изделия.

Для управления процессом изготовления изделия необходимо для каждого узла сети рассчитать время поступления изделия в обработку. Если в j -й вершине сети производится сборка изделия, то рассчитывается время поступления последнего изделия, входящего в сборку по формуле

$$v_j = \max\{v_k + t_{ik} | k \in V_j\},$$

где V_j – множество дуг, входящих в j -ю вершину сети. Таким образом, для каждой вершины сети рассчитывается время поступления деталей и время завершения их обработки или сборки. После завершения расчетов времен обработки или сборки изделий в каждой вершине сети получаем модель сети в виде узел-работа [2].

Для рассматриваемой сети было разработано программное обеспечение, которое формирует данную сеть и производит расчет критического пути в данном сетевом графике.

Програма написана на об'єктно-орієнтованому мові C# на базі фреймворка .NET Framework 4.5.

Програма читає інформацію з файлу .csv формату [3], в якому представлені дані про дуги, що відображають етапи виробничого процесу. Можливо задати напрямку дуги (перехід виробу або деталі з однієї вершини мережевого графа в іншу або перехід з одного стану в інший), довжину дуги (час, необхідний для обробки або збирання) та кількість деталей або компонентів, необхідних для збирання процесу.

Тоді, з допомогою алгоритму послідовно обчислюється час завершення для кожного з вузлів між дугами, визначається резервний час і, нарешті, їх довжин, для яких запас часу дорівнює нулю, будується критичний шлях для даного графа.

Користувачеві надається результат у вигляді розрахованого критичного шляху (послідовності вершин, що його складають) та його довжин.

Література:

1. Неумин Я. Г. Модели в науке и технике. История, теория, практика / Я. Г. Неумин, Л. : Наука, 1984. – 189 с.
2. Филлипс Д. Методы анализа сетей / Д. Филлипс, А. Гарсиа-Диас. – М. : Мир, 1984. – 496 с.
3. Албахари Дж. C# 5.0. Справочник. Полное описание языка / Дж. Албахари, Б. Албахари. – М. : Вильямс, 2013. – 1008 с.

Красніков К. С., д. техн. н. Самохвалов С. Є., к. техн. н. Піптюк В. П.*

Дніпродзержинський державний технічний університет

**Інститут чорної металургії НАН України*

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЗАСВОЄННЯ ПОРОШКОВОГО ДРОТУ У РОЗПЛАВІ СТАЛІ ПІД ЧАС ПРОДУВАННЯ НА УСТАНОВЦІ КІВШ-ПІЧ

Введення порошкового дроту у розплав є сучасним методом позапічної обробки сталі. Встановлення раціональних технологічних параметрів цього процесу у промислових і лабораторних експериментах є коштовним. Ми пропонуємо математичну модель для комп'ютерних експериментів, які значно дешевше і широко використовуються у наш час.

Модель побудуємо розв'язавши наступні задачі:

1) задача тривимірного руху порошкового дроту, як системи твердих тіл. Саме тривимірний розв'язок необхідний для визначення траєкторії руху та координат вивільнення порошку або частини дроту;

2) задача одновимірного плавлення дроту із появою кірки розплаву. Враховуючи невелику товщину дротової оболонки (~ 1 мм), тепловим потоком уздовж дроту нехтуємо;

3) задача тривимірного руху розплаву і порошкового усереднення в ньому. Різне розташування та різна кількість фурм продування зумовлюють тривимірне визначення швидкісного поля розплаву.

Порошковий дріт моделюємо ланцюгом стрижнів, на який діють сили гідродинамічного опору з боку розплаву і потенційні сили тяжіння, виштовхування та пружності при згині. Припущення:

- 1) дріт нерозтяжний і нестисливий;
- 2) кручення уздовж дроту нехтуємо;
- 3) кути між стрижнями вважаємо малими, тому при згині дроту виконується закон Гука;
- 4) нехтуємо опором обертовому рухові стрижнів і враховуємо тільки перпендикулярну стрижню складову швидкості для визначення опору.

Динаміка системи визначається рівняннями Лагранжа другого роду з урахуванням потенційних і дисипативних сил:

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} - \frac{\partial T}{\partial q_i} = - \frac{\partial U}{\partial q_i} + \tilde{Q}_i \quad i = \overline{1, S}.$$

Узагальненими координатами q_i обираємо полярний і азимутальний кути сферичної системи координат. Систему рівнянь вирішуємо методом Гауса-Зейделя.

Математична модель плавлення дроту ґрунтується на методі кінцевих об'ємів у циліндричній системі координат з такими припущеннями:

- 1) тепловим потоком уздовж дроту нехтуємо і враховуємо тільки радіальний потік;
- 2) нехтуємо розривами кірки під внутрішнім тиском, а також можливим від'єднанням кусків кірки;
- 3) рухом речовини в межах дроту нехтуємо;
- 4) припускаємо, що рідкий матеріал комірок зміщується з розплавом сталі миттєво.

Вважаємо, що під час плавлення виникають ділянки з однорідним по характеристикам матеріалом (рис. 1).

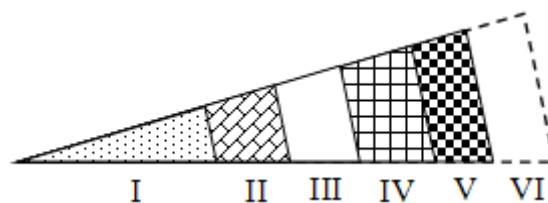


Рис 1. Схематичний перетин порошкового дроту у розплаві:

- I – порошок, II – оболонка дроту, III – рідкий матеріал оболонки, IV – кірка розплаву, V – утворення кірки, VI – розплав шлаку або сталі

Всі ділянки складаються з кінцевих об'ємів, на гранях яких визначаємо потоки тепла. Термо- і гідродинаміка ззовні дроту врахована в емпіричному коефі-

цієнті тепловіддачі. Теплоту фазового переходу матеріалу комірки враховано в ефективній теплоємності.

Математична модель руху розплаву та усереднення порошку ґрунтується на рівняннях Нав'є-Стокса та конвекційно-дифузійному рівнянні із такими припущеннями:

- 1) розплав сталі – нестислива Ньютонівська рідина;
- 2) ківш має форму циліндра;
- 3) вважаємо, що поверхня розплаву гладка і враховуємо тільки динамічний тиск.

Рівняння вирішуємо у циліндричних координатах методом кінцевих різностей: розраховуємо дивергентне поле швидкості (без врахування тиску); розраховуємо поле тиску, використовуючи дивергентне поле швидкості; визначаємо бездивергентне поле швидкості за допомогою поля тиску (задовольняємо рівняння неперервності); розраховуємо поле концентрації порошку на основі нового поля швидкості.

Після розплавлення металеві оболонки дроту порошкоподібна начинка, потрапляє у сталь і збільшує концентрацію відповідно. Математична модель відтворює технологічний процес починаючи із введення порошкового дроту під рівень розплаву і закінчуючи усередненням порошку в розплаві. Модель реалізовано у комп'ютерній програмі, яка дозволяє проводити чисельні експерименти, спостерігати результати моделювання.

Таким чином, розв'язано задачі нелінійної динаміки системи твердих тіл у змінних Лагранжа та нелінійної динаміки суцільного середовища у змінних Ейлера, а також розв'язано задачу плавлення циліндру із урахуванням кірки розплаву. Використання сферичної системи координат для порошкового дроту дозволило неявно врахувати реакцію зв'язків стрижень-стрижень, що гарантує нерозривність ланцюга стрижней. Модель гідродинаміки застосовує циліндричну систему координат, яка природньо відповідає формі ковша.

Луценко О. П., д. техн. н. Байбуз О. Г.

Дніпропетровський національний університет імені О. Гончара

ВИКОРИСТАННЯ ІМОВІРНІСНОГО ПІДХОДУ ДЛЯ ФОРМАЛІЗАЦІЇ КІЛЬКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ УГОД НА ФІНАНСОВОМУ РИНКУ

Торгівельна система – комплекс алгоритмів прийняття рішень, використовуваний в процесі автоматизованої торгівлі на ринку фінансів і цінних паперів. Ці алгоритми визначають моменти відкриття і закриття угод, однак вибір кількісних показників угоди, таких як величини тейк-профіт (значення ціни, при якому угода закривається з прибутком) і стоп-лосс (значення ціни, при якому угода закривається

з втратами з метою запобігання подальших втрат) зазвичай залишається на розгляд трейдера. Для формалізації вибору цих величин пропонується функція, заснована на ймовірнісній моделі оцінки стану валютного ринку, запропонованій авторами у попередніх роботах [1].

Представимо часовий ряд як сукупність відрізків, на які він розбивається точками розладнання, і запишемо ймовірність перевищення деякої граничної ціни y_{cp} в момент наступного розладнання у вигляді (формула заснована на інтегруванні відтвореної щільності ймовірності випадкового вектору (x,y) , утвореного розладнаннями [1], процес відтворення описаний в [1]).

$$P = \begin{cases} \frac{\int_{t' y_{cp}}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} p(x, y) dy dx}{t' y_t} & \text{при } y_t < y_{cp} , \\ \frac{\int_{t' -\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{y_{cp}} p(x, y) dy dx}{\int_{t' -\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{y_t} p(x, y) dy dx} & \text{при } y_t > y_{cp} . \end{cases} \quad (1)$$

де y – вісь приросту значення ціни порівняно з останнім моментом розладнання; x – вісь часу, що пройшов з останнього розладнання до поточного моменту часу. Враховуючи, що в кожному момент часу t цю величину можна розрахувати шляхом віднімання від поточного моменту останнього моменту розладнання t_{cp} , для конкретного моменту часу її можна представити у формі функції $t' = x(t, t_{cp}) = t - t_{cp}$; $p(x, y)$ – відновлена щільність розподілу випадкового вектору (x, y) , що характеризує відрізок часу з останнього моменту розладнання; y_t – поточне значення y ; y_{cp} – значення y в момент очікуваного розладнання;

Обчисливши функцію (1) від певного значення ціни y_{cp} , отримаємо ймовірність перевищення ціною заданого значення до події розладнання. Очевидно, що така ймовірність буде тим вищою, чим ближчим є значення очікуваної граничної ціни до поточного значення цінового ряду.

Оскільки критерієм ефективності торгівельної системи є максимальний прибуток, критерієм оптимізації в даній задачі виступає не сама ймовірність, а очікування прибутку при заданій ймовірності. Тобто:

$$NP(y_t, y_{cp}, t) = \begin{cases} P(y_{cp}) \cdot (y_t - y_{cp}) & y_{cp} > y_t \\ P(y_{cp}) \cdot (y_{cp} - y_t) & y_{cp} < y_t \end{cases}$$

де NP – net profit, чистий прибуток; $P(y_{cp})$ – ймовірність того, що розладнання відбудеться після досягнення ціною значення y_{cp} .

Задача полягає в максимізації функції $NP(y_{cp})$ шляхом зміни параметру y_{cp} . Значення y_{cp} , при якому функція $NP(y_{cp})$ набуде свого максимального значення, відповідатиме шуканій оптимальній величині тейк-профіт.

$$tp = \begin{cases} \underset{y_{cp} \in (y_t; y_{max})}{arg \max} NP(y_t, t / y_{cp}) & \text{при } y_t < y_{cp} , \\ \underset{y_{cp} \in (y_{min}; y_t)}{arg \max} NP(y_t, t / y_{cp}) & \text{при } y_t > y_{cp} , \end{cases} \quad (2)$$

де tp – шукана оптимальна величина тейк-профіт; y_{max} – максимальна зафіксована ціна за період, на якому відновлюється щільність розподілу розладнань; y_{min} – мінімальна зафіксована ціна на цьому періоді.

Обчислення (2) перед здійсненням кожної угоди дозволяє обирати тейк-профіт. Щодо значення стоп-лосс, його можна обирати, виходячи зі значення тейк-профіт (зазвичай, в 2-3 рази менше за модулем), як це відбувається при торгівлі без використання функцій ризику.

Порівняльне тестування розповсюджених на ринку стратегій «MACD», «Diver», та «Джанконе» з фіксованими значеннями тейк-профіт і стоп-лосс та зі значеннями, заснованими на запропонованих функціях ризику, виявило збільшення ефективності автоматизованої торгівлі за критеріями «абсолютний прибуток», «фактор прибутку», «фактор відновлення», «максимальний внутрішньоденний збиток» при використанні запропонованих методів оцінки ризиків.

Література:

1. Lutsenko O. Model of probabilistic assessment of trend stability at financial market [Електронний ресурс] / Oleg Lutsenko, Oleg Baybuz // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2013. – Vol. 6, N 3(66). – P. 50–54. – Режим доступу : <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/19527>

К. техн. н. Меньшиков Ю. Л.

Днепропетровский национальный университет

АДЕКВАТНЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОПИСАНИЯ: ОПРЕДЕЛЕНИЕ, АЛГОРИТМЫ СИНТЕЗА, ПРИМЕНЕНИЕ

Одной из основных целей математического моделирования является достоверное прогнозирование поведения динамических систем или физических процессов. Необходимым условием достоверного прогнозирования является построение адекватного математического описания изучаемого процесса. Под математическим описанием физического процесса в данной работе понимается аналитическая связь (дифференциальная, алгебраическая, интегральная и т. д.) определенной

структуры между выбранными переменными состояния исследуемой системы (математическая модель процесса) и внешние воздействия (нагрузки) [1; 2]. Естественно структура математической модели, количество переменных состояния, значения коэффициентов может быть различным и определяется целями изучения конкретного физического процесса [3; 4]. Дадим теперь возможное определение адекватного математического описания.

Определение. Математическое описание физического процесса будем называть *адекватным локальным устойчивым математическим описанием (АЛУМО)* исследуемому процессу, если результаты математического моделирования (simulation) с использованием этого описания совпадают с экспериментальными данными с точностью измерений в некоторой окрестности исходных данных и если параметры АЛУМО устойчивы к малым изменениям исходных данных.

Если математическое описание процесса не является адекватным, т.е. результаты математического моделирования не совпадают с экспериментом, тогда дальнейшее использование этого описания является проблематичным.

Предлагаемое сравнение результатов математического моделирования с экспериментальными данными в определении АЛУМО обеспечивает объективность результатов математического моделирования.

Задача синтеза адекватного математического описания в настоящее время остается еще малоизученной и плохо формализуется [1; 5]. Причины такого положения будут ясны из дальнейшего изложения. При решении же практических задач исследователи, как правило, проверку адекватности математического описания не проводят [3; 4].

Следует отметить что, при проверке выполнения условия адекватности, которое присутствует в определении, возникает ряд принципиальных трудностей. Например, каким образом выполнить проверку адекватности выбранного математического описания при прогнозировании? В новых условиях проведения эксперимента, для которых выполняется прогнозирование, могут измениться параметры физического процесса и внешнего воздействия на него. И при этом отсутствуют гарантии, что в новых условиях будет выполняться условие адекватности ранее построенного математического описания, так как оно базировалось на прошлом эксперименте. Таким образом, выполнение основного требования адекватности невозможно проверить при отсутствии эксперимента в новых условиях.

Проблема состоит также и в оценке степени совпадения результатов математического моделирования с экспериментом. Во многих случаях необходимо сравнивать взаимное отклонение двух вектор функций в некотором функциональном пространстве с выбранной метрикой. Однако, способов задания метрик существует множество. К этому еще следует добавить неопределенность в выборе диапазона изменения переменных, на котором сравниваются две вектор функции.

Очевидно, что один и тот же физический процесс может иметь бесконечное множество адекватных математических описаний.

Дополнительные трудности вносят реальные ограничения при проведении эксперимента. Например, как правило, из исследуемых характеристик процесса (переменных состояния) реально удастся измерить две – три величины. И если учесть, что характеристик физического процесса бесконечно много, то мы всегда находимся в условиях, когда измеряемых характеристик значительно меньше, чем теоретически возможных. Каким образом можно оценить адекватность математического описания процесса только по части переменных состояния?

Эти неопределенности усложняют формализацию задачи.

Предположим, что *АЛУМО* физического процесса построено с использованием некоторого алгоритма. Однако результаты моделирования, полученные с помощью *АЛУМО*, не представляют практического интереса, так как есть уже более достоверные экспериментальные измерения.

Математическое моделирование, используя *АЛУМО*, для изучения физического процесса в новых условиях малоприспособно, так как математическое описание локально и в общем случае непригодно для новых условий.

Однако при данном выше определении адекватности близость результатов математического моделирования с использованием *АЛУМО* с будущими экспериментами при малых изменениях исходных данных (эксперимента и параметров математической модели процесса) будет гарантирована.

Во многих случаях математическая модель строится как линейные дифференциальные соотношения между характеристиками физического процесса. Такого типа модели получили значительное распространение в технике, экологии, экономике и т.д. Для обоснованного применения линейных математических моделей указанного типа необходимо принимать во внимание, что они получены при определенных условиях. Рассмотрим эти условия более детально.

Пусть физический процесс характеризуется в общем случае некоторым количеством переменных (переменных состояния) x_1, x_2, \dots, x_k , зависящих от бесконечного числа исходных параметров процесса $z_1, z_2, \dots, z_n, \dots$. Выбор характеристик физического процесса x_1, x_2, \dots, x_k определяются конечными целями исследований.

Будем полагать, что переменные x_1, x_2, \dots, x_k удовлетворяют некоторой системе нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений:

$$\dot{x} = F(x, z), \quad (1)$$

с уравнением наблюдения

$$y = Cx, \quad (2)$$

где $x(t) = (x_1(t), x_2(t), \dots, x_k(t))^T$ есть вектор-функция переменных состояния ($(\cdot)^T$ – знак транспонирования), $z(t) = (z_1(t), z_2(t), \dots, z_n(t))^T$ – вектор-функция внешних воздействий, $y(t) = (y_1(t), y_2(t), \dots, y_k(t))^T$ – вектор-функция, наблюдаемых в эксперименте переменных, C – квадратная неособенная матрица размером $k \times k$ [2; 5].

Под внешними воздействиями (нагрузками) будем понимать функции $z_1(t), z_2(t), \dots, z_l(t), \dots$, которые изменяются независимо от субъективных факторов или свойств и поведения исходной математической модели (1). На практике существенное влияние на физический процесс оказывает лишь конечное количество внешних воздействий, а остальными влияниями можно пренебречь. Тогда вектор функция внешних воздействий будет иметь вид: $z(t) = (z_1(t), z_2(t), \dots, z_n(t))^T$.

Зафиксируем решение $x^0(t, x_1^0, x_2^0, \dots, x_k^0)$ системы (1), удовлетворяющее дополнительным начальным условиям: $x_1(t_0) = x_1^0, x_2(t_0) = x_2^0, \dots, x_k(t_0) = x_k^0$. В некоторой малой окрестности этого решения отклонения $\tilde{x}(t, \tilde{x}_1^0, \tilde{x}_2^0, \dots, \tilde{x}_k^0)$ от фиксированного решения $x^0(t, x_1^0, x_2^0, \dots, x_k^0)$ будут удовлетворять линейной системе обыкновенных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами:

$$\dot{\tilde{x}} = A \tilde{x} + B \tilde{z}, \quad (3)$$

с уравнением наблюдения

$$\tilde{y} = C \tilde{x}, \quad (4)$$

где $\tilde{x}(t) = (\tilde{x}_1(t), \tilde{x}_2(t), \dots, \tilde{x}_k(t))^T$ есть вектор-функция переменных состояния, $\tilde{z}(t) = (\tilde{z}_1(t), \tilde{z}_2(t), \dots, \tilde{z}_n(t))^T$ – вектор-функция внешних воздействий, $\tilde{y}(t) = y - Cx^0$ есть известная вектор-функция, A, B – матрицы с постоянными коэффициентами соответствующей размерности.

Из процесса построения линейной математической модели (2) можно сделать вывод, что не существует в принципе линейной математической модели типа (3), которая бы точно описывала связь характеристик реального физического процесса $x(t) = (x_1(t), x_2(t), \dots, x_k(t))^T$ с параметрами $z(t) = (z_1(t), z_2(t), \dots, z_n(t))^T$.

Пусть $z^1 = (z_1^1, z_2^1, \dots, z_n^1)^T$, есть некоторый вектор функций внешних воздействий. Если при подстановке этих функций в (3) получаем вектор функций характеристик $x^1(t) = (x_1^1(t), x_2^1(t), \dots, x_k^1(t))^T$, который отличается от измерения $\tilde{x}(t) = (\tilde{x}_1(t), \tilde{x}_2(t), \dots, \tilde{x}_k(t))^T$ на величину δ и эта величина не превосходит ошибки δ_0 измерения характеристик $\tilde{x}(t) = (\tilde{x}_1(t), \tilde{x}_2(t), \dots, \tilde{x}_k(t))^T$, тогда математическое описание (уравнение (3) и вектор функция $x^1(t) = (x_1^1(t), x_2^1(t), \dots, x_k^1(t))^T$) будем называть *адекватным линейным математическим описанием* физического процесса.

Исходя из условий построения линейного математического описания физического процесса, можно сформулировать следующие ограничения на исследуемые физические процессы с помощью такого описания:

1. Изменения переменных состояния физического процесса $x(t) = (x_1(t), x_2(t), \dots, x_k(t))^T$ происходят вблизи некоторой малой окрестности известного решения $x^0(t, x_1^0, x_2^0, \dots, x_k^0)$ нелинейной системы (1);

2. Влияние параметров z_{n+1}, z_{n+2}, \dots на характеристики $x(t) = (x_1(t), x_2(t), \dots, x_k(t))^T$ является незначительным или эти характеристики не изменяются в процессе исследования физического процесса.

Из вышеизложенного вытекают свойства локальной линейной приближенной математической модели физического процесса в дифференциальной форме:

1. Математические модели типа (3) при любом выборе параметров z_1, z_2, \dots, z_n являются приближенными;

2. Математические модели типа (3) хорошо описывают реальный физический процесс лишь в некоторой достаточно малой окрестности известного решения $x^0(t, x_1^0, x_2^0, \dots, x_k^0)$.

Следует потребовать также, чтобы параметры адекватного математического описания были устойчивыми к малым изменениям исходных данных.

В настоящее время существует два основных подхода к проблеме построения адекватного математического описания [2; 6–8]:

– по математической модели с выбранной априори структурой и неточными параметрами определяется модель внешнего воздействия, которая в совокупности с математической моделью процесса обеспечивают условие адекватности (совпадение с экспериментом) [9];

– по некоторой заданной априори модели внешнего воздействия подбирается математическая модель процесса, которая в совокупности с моделью внешнего воздействия обеспечивают совпадение с экспериментом [7–9].

Наличие сравнения результатов математического моделирования с экспериментальными данными в определении адекватного математического описания обеспечивает объективность результатов синтеза. В литературе такой подход называется методом идентификации: оценка параметров адекватного математического описания по результатам измерений характеристик состояния физического процесса [7–9].

В работах [2; 10; 11] предложен алгоритм идентификации параметров локального адекватного линейного математического описания в рамках первого подхода на примере динамической системы, движение которой описывается линейной системой обыкновенных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами типа (3).

При этом также нет оснований полагать, что полученное таким образом математическое описание будет близко к реальному математическому описанию. Это лишь устойчивая пара (математическая модель и модель внешнего воздействия), которая обеспечивает адекватность результатов математического моделирования [2; 10; 11].

Следует отметить, что в данных задачах нет смысла рассматривать поведение адекватного математического описания при стремлении погрешности исходных данных к нулю. В силу этого, не имеет смысла оценивать погрешность полученного математического описания. Эта погрешность может иметь произвольную величину и ее величина не имеет никакого значения для целей дальнейшего

математического моделирования. Для целей дальнейшего использования адекватного математического описания более важно, чтобы это описание было устойчивым к малым изменениям исходных данных.

Примеры расчетов конкретных адекватных математических описаний представлены в работах [2; 10; 11].

Устойчивое адекватное математическое описание может быть использовано и для прогнозирования. С этой целью для нескольких малых окрестностей области изменения параметров физического процесса синтезируются свои АЛУМО, далее параметры АЛУМО экстраполируются (интерполируются) на новые окрестности области изменения параметров физического процесса и проводится математическое моделирование в новых условиях без использования экспериментальных данных в этих условиях.

Литература:

1. Shanon R. Systems Simulation – the art and science. – Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs. – New Jersey, 1975. – 329 p.
2. Меньшиков Ю. Об адекватности результатов математического моделирования / Ю. Меньшиков // Труды. Междунар. конференции "Моделирование-2008". – К., 2008. – С. 119–124.
3. Soeiro N., others, Vibratory Working Modelling through Methods of Continuum Mechanics // Proc. Eleventh International Congress on Sound and Vibration. – St. Petersburg, 2004. – P. 2821–2828.
4. Sarmar I., Malik A., Modeling, analysis and simulation of a Pan Tilt Platform based on linear and nonlinear systems // Proc. IEEE/ASME MESA, – China, 2008. – P.147–152.
5. Menshikov Yu.L., Synthesis of Adequate Mathematical Description as Solution of Special Inverse Problems // European Journal of Mathematical Sciences, – v. 2, n. 3, – 2013. – P. 256–271.
6. Степашко В. С. Метод критической дисперсии как аналитический аппарат теории индуктивного моделирования / В. С. Степашко // Проблемы управления и информатики. – К., 2008. – №2.– С. 27–32.
7. Губарев В. Ф. Метод итеративной идентификации многомерных систем с неточными данными, ч. 1. Теоретические основы / В. Ф. Губарев // Проблемы управления и информатики. – К., 2008. – № 2. – С. 8–26.
8. Жуков О. А. Алгоритмы итеративной идентификации многомерных систем / О. А. Жуков // Тр. 15 международной конференции по автоматическому управлению «Автоматика-2008». – О. : INIA, 2008. – С. 774–777.
9. Гельфандбейн Ю. М. Ретроспективная идентификация возмущений и помех / Ю. М. Гельфандбейн, Л. С. Колосов. – М. : Наука, 1972. – 246с.
10. Меньшиков Ю. Л. Идентификация моделей внешних воздействий / Ю. Л. Меньшиков, Н. В. Поляков. – Днепропетровск : Наука та освіта, 2009. –188 с.
11. Menshikov Yu.L., Identification of external loads as method of adequate mathematical description synthesis // Proc. of 32nd IASTED International Conference on Modelling, Identification and Control (MIC 2013), February 11–13, 2013, – Innsbruck, Austria. – 8 p.

Д. техн. н. Пигнастый О. М.

Национальный технический университет "ХПИ"

**ПОЛОЖЕНИЯ ПРЕДМЕТНО-КИНЕТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ
С ПОТОЧНЫМ МЕТОДОМ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА**

Развитие представлений о строении производственных систем. Приведенный в работе [1] обзор зарубежных и отечественных публикаций, посвященных проектированию систем управления поточным производством, показывает, что для описания функционирования современных поточных линий производственных систем используются четыре основных типа моделей: модели массового обслуживания (TQ-модели); дискретно-событийные модели (DES-модели); модели жидкости (Fluid -модели); континуальные модели, содержащие уравнения в частных производных (PDE-модели). Характеристики и особенности применения указанных моделей изложены в [1–5]. Хребтообразующим элементом большинства моделей является технологический процесс, содержащий целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета труда [6]. Последовательное изменение состояния или свойств предметов труда происходит в процессе перехода от одной технологической операции к другой, которые определяются как законченные части технологического процесса, выполняемые на одном рабочем месте [6]. Предположение о том, что состояние производства будет определено, если известно, в каком состоянии находится каждый предмет труда высказывалось во многих работах [7; 8]. Детальное обоснование поведения параметров производства, определяющих величину межоперационных заделов и производительность поточной линии, впервые дано в [2]. Процесс производства представлен как процесс изменения состояний предметов труда при переходе от одной технологической операции к другой в результате стохастического воздействия технологического оборудования. Различия в свойствах производственных систем объясняется тем, что они определяются состояниями отдельных предметов труда, взаимодействующих с технологическим оборудованием и между собой.

Основные положения предметно-кинетической теории.

1. Состояние производственной системы определяется состоянием отдельных предметов труда, находящихся в незавершенном производстве.

2. Предметы труда находятся в постоянном движении в пространстве состояний. Закон изменения их состояния задается параметрами технологического процесса.

3. Предметы труда взаимодействуют друг с другом и с технологическим оборудованием. В результате взаимодействия с оборудованием на предмет труда переносятся технологические ресурсы, изменяющие его свойства и стоимость.

Движение предметов труда в пространстве состояний, определяется взаимодействием предметов труда между собой и технологическим оборудованием, а

также закономерностями технологического процесса. Это позволяет использовать законы технологии изготовления изделия для изучения свойств производственных систем, состоящих из большого числа предметов труда. Взаимодействие предметов труда между собой задается приоритетами их обработки. Предмет труда, находящийся в очереди на обработку, не может быть обработан до тех пор, пока не закончена обработка предыдущего предмета труда (для приоритета FIFO). Предыдущий предмет труда в данном случае выступает ограничением для последующего предмета труда. Наличие ограничений определяет закон взаимодействия предметов труда между собой. Эксперимент, представленном в печати, в котором непосредственно измерены интенсивность изменения состояний отдельных предметов труда был проведен на заводе INTEL [10]. В результате эксперимента определен коэффициент диффузии, характеризующий растекании технологических траекторий, и исследовано влияние функции распределения предметов труда по состояниям на поведения параметров поточной линии, определяющих состояние межоперационных заделов. Рассмотренные в статье положения получили экспериментальную проверку на действующих предприятиях с поточным методом организации производства с использованием достижений современной экспериментальной техники проведения нормирования и хронометрирования.

Литература:

1. Пигнастый О. М. Основы статистической теории построения континуальных моделей производственных линий // О. М. Пигнастый // Східноєвропейський журнал передових технологій. – Х. : НВП «Технологічний центр», 2014. – № 3 (70). – С. 38–48.
2. Демущий В. П. Стохастическое описание экономико-производственных систем с массовым выпуском продукции / В. П. Демущий, В. С. Пигнастая, О. М. Пигнастый // Доповіді Національної академії наук України. – К. : Видавничий дім «Академперіодика». – 2005. – № 7. – С. 66–71.
3. Пигнастый О. М. Задача оптимального оперативного управления макропараметрами производственной системы с массовым выпуском продукции / О. М. Пигнастый // Доповіді Національної академії наук України. – К. : Видавничий дім «Академперіодика». – 2006. – №5. – С. 79–85.
4. Пигнастый О. М. К вопросу подобия технологических процессов производственно-технических систем / Н. А. Азаренков, О. М. Пигнастый, В. Д. Ходусов // Доповіді Національної академії наук України. – К. : Видавничий дім «Академперіодика». – 2011. – №2. – С. 29–35.
5. Азаренков Н. А. Кинетическая теория колебаний параметров поточной линии / Н. А. Азаренков, О. М. Пигнастый, В. Д. Ходусов // Доповіді Національної академії наук України. – 2014. – № 12. – С. 36–43.
6. ГОСТ 3.1109.82. Термины и определения основных понятий. – М. : Госстандарт России, 2003. –15 с.
7. Прыткин Б. В. Техничко-економический анализ производства / Б. В. Прыткин. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 399 с.
8. Власов В.А. Моделирование технологических процессов изготовления промыш-шленной продукции / В. А. Власов, И. А. Тихомиров, И. И. Локтев. – Томск, 2006. – 300 с.

9. Якимович С. Б. Формирование комплектов машин лесозаготовок на основе распределения состояний предметов труда по маршруту технологических процессов. / С. Б. Якимович, И. Ю. Володина // Лесной вестник. – М. : МГУЛ, 2001. – №2. – С. 96–103.
10. Armbruster D. Continuous models for production flows / D. Armbruster, C. Ringhofer., Jo T- J // In Proceedings of the 2004 American Control Conference. – Boston, MA, USA. – 2004. – P. 4589–4594.

К. техн. н. Романюк А. Д., Романюк Р. А.

Днепродзержинский государственный технический университет

Днепропетровская медицинская академия МЗ Украины

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЗАДАЧАХ БИОМЕХАНИКИ КОНЕЧНОСТЕЙ ЧЕЛОВЕКА

Для расширения возможностей имитационного моделирования кинематики и динамики движений человека, целесообразно использовать математические модели и методы, применяемые в современных программных системах моделирования разнородных сложных технических систем на сосредоточенном уровне во временной области, которые широко используются при проектировании сложных механических устройств в современном машиностроении и приборостроении. В подобных системах на основе математических моделей элементов механизмов и связей между ними, а также текстового или графического описания структуры механизма автоматически генерируется математическая модель исследуемого механизма в виде системы дифференциальных уравнений. Интегрирование, которых во временной области в соответствии с заданием позволяет получить временные зависимости перемещений, скоростей, ускорений, сил, моментов представляющих интерес для исследователя.

Для расширения возможностей подобных систем на биомеханику человека разрабатываются специальные подсистемы, где в качестве элементов исследуемого объекта используются сегменты человеческого тела с их массами, центрами масс, моментами инерции, суставы, мышцы и сухожилия, исходные параметры которых берутся из специальных антропометрических баз данных и уточняются в зависимости от параметров конкретного субъекта.

При разработке математической модели использовалась узловая схема человека. Данная модель достаточно хорошо описывает кинематику человека. При разработке соответствующей модели был учтен тот факт, что конечности человека не являются трехзвенным механизмом, как считают некоторые авторы. Мы имеем четырехзвенную открытую кинематическую цепь. Кроме того, особенность заключается в том, что для биологической системы все три звена выступают как ведущие, что не возможно в технических системах. Это необходимо учитывать при переносе соответствующих методов и подходов с технической модели на биомеханическую модель. А так же следует учитывать, что одно из звеньев

кинематической цепи (кисть или стопа) имеет свободный элемент кинематической пары.

Таким образом, используя методы структурного, кинематического и силового исследования пространственных механизмов с учетом вышеперечисленных замечаний, была разработана биомеханическая модель конечностей человека. Согласно данной модели туловище человека является неподвижным звеном (стойкой). Верхние конечности (плечо, предплечье и кисть) и нижние конечности (бедро, голень и стопа) подвижными звеньями открытой кинематической цепи. Суставы (кинематические пары) моделировались двумя типами сферических шарниров – с одной и тремя степенями свободы. Основная особенность соответствующих шарниров заключается в том, что учитывается жесткость и податливость суставного хряща. Такого рода биомеханическая модель сустава дает возможность с высокой точностью определить кинематические и силовые факторы, которые возникают в процессе движения человека. Мышцы моделировались упругими элементами, пружинами. Члены конечностей – жесткими телами с определенными массами.

Согласно методам теории механизмов и машин число систем координат, достаточное для математического описания геометрической формы звеньев и относительного движения звеньев в кинематической паре, определяется числом элементов звеньев, образующие кинематические пары.

Неподвижная система координат связана со стойкой. Каждой кинематической паре соответствует прямоугольная декартова система координат, одна из осей которой связана с характерными признаками звена, например осевой линией. Начало координат каждой i -й локальной координатной системы совмещают с той кинематической парой, которой данное звено соединено с предыдущим звеном. Переход от i -й локальной координатной системы к другой ($i + 1$) системы определяется уравнениями преобразования декартовых прямоугольных координат.

Кинематические и силовые параметры в самом шарнире, зона контакта двух звеньев, определялись с использованием сферических координат.

Для введения сферической системы координат в пространстве выбирается плоскость (основная плоскость, которая связана с характерными признаками звена, например осевой линией) и на ней задается полярная система координат с полюсом (начало сферической системы координат) и полярной осью. Через точку перпендикулярно основной плоскости проведем ось (ось аппликата) и выберем ее направление так, чтобы возрастание полярного угла со стороны положительного направления оси происходило против часовой стрелки.

Со сферической системой координат можно связать прямоугольную систему координат, у которой начало и базисные векторы совпадают с началом сферической системы координат и единичными векторами на полярной оси и оси аппликата соответственно, а базисный вектор выбирается так, чтобы тройка была правой.

Разработанные математические модели конечностей позволяют исследовать кинематические и динамические процессы, возникающие при движении человека, связанные с определением значений углов отклонения звеньев, вычислением угловых и линейных скоростей, а также сил и моментов сил.

Результаты целесообразно использовать для определения оптимальных параметров протезов на ранних стадиях проектирования, что существенно увеличит сроки их эксплуатации, а также разработки механотерапевтических аппаратов.

Ротар І. О., к. техн. н. Надригайло Т. Ж.

Дніпродзержинський державний технічний університет

МАТЕМАТИЧНЕ ТА КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОДІЛУ РАДОНУ У ПРИМІЩЕННЯХ НАВЧАЛЬНОГО КОРПУСУ ДДТУ

Радон – це газ, який в 7,5 разів важчий за повітря. Ми навіть не помічаємо цього, а він завжди оточує нас на вулиці, у приміщенні і може впливати на самопочуття людини. Дуже високий вміст радону може створювати загрозу здоров'ю людей, тому важливо регулярно провітрювати приміщення. Концентрація радону в будівлях мало залежить від матеріалу стін. На верхніх поверхах, багатопверхових будівель, як правило вона нижче, чим на першому. В дерев'яних будівлях концентрація значно вища ніж в будівлях з цегли. Це пояснюється тим, що дерев'яні будівлі, мають менше поверхів і, приміщення, в яких проводяться виміри, знаходяться ближче до землі – основного джерела радону.

Щоб перевірити відповідність до вимог діючих норм радіаційної безпеки проводиться оцінка радіаційно-гігієнічного стану навчальних приміщень. Вони проводяться вибірково, формуючи значний масив точкових даних. Це зв'язано з тим, що у навчальних закладах велика кількість кімнат, аудиторій, лабораторій, залів, тощо. У нашій роботі опрацьовуються бази даних дослідження радіаційного фону приміщень корпусів ДДТУ нової забудови, створені за результатами моніторингу, який включав контроль рівня вмісту радону, γ -фону та щільності потоку β -частинок. Розглядається 3 поверхи у 5-му корпусі, а саме: цокольний, перший і другий поверх.

По проведеним вимірам побудовано поверхня у програмному комплексі MatLab 7.0.1, яка являє собою якісну характеристику адекватності математичної моделі, що розробляється.

Для чисельного дослідження розподілу радону побудована математична модель, яка включає наступне рівняння

$$D_e \Delta A(x, y, z) + \nu \nabla A(x, y, z) = \lambda A(x, y, z) + \lambda A_\infty, \quad (1)$$

з граничними умовами:

$$A(0) = 0, \quad A(\infty) = A_\infty, \quad (2)$$

де $A(x, y, z)$ – об’ємна активність радону, D_e – ефективний коефіцієнт дифузії радону, v – швидкість переносу радону, λ – постійна розпаду радону.

Для розв’язку рівняння (1) з граничними умовами (2) використано метод прогонки. Дане рівняння в декартовій системі координат має вигляд:

$$D_e \left(\frac{\partial^2 A}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 A}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 A}{\partial z^2} \right) + v \left(\frac{\partial A}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial y} + \frac{\partial A}{\partial z} \right) + \lambda A_\infty - \lambda(A(x) + A(y) + A(z)) = 0. \quad (3)$$

Для побудови кінцево-різницевої фіксуємо координати y, z :

$$D_e \frac{\partial^2 A}{\partial x^2} + v \frac{\partial A}{\partial x} + \lambda A_\infty - \lambda A(x) = 0,$$

фіксуємо координати x, z :

$$D_e \frac{\partial^2 A}{\partial y^2} + v \frac{\partial A}{\partial y} + \lambda A_\infty - \lambda A(y) = 0,$$

фіксуємо координати x, y :

$$D_e \frac{\partial^2 A}{\partial z^2} + v \frac{\partial A}{\partial z} + \lambda A_\infty - \lambda A(z) = 0,$$

Таким чином, отримаємо рівняння вздовж однієї осі:

$$D_e \frac{A_{i+1,j,k} - A_{i,j,k} + A_{i-1,j,k}}{\Delta x^2} + v \frac{A_{i+1,j,k} - A_{i-1,j,k}}{2\Delta x} - \lambda A_{i,j,k} = -\lambda A_\infty,$$

$$D_e \frac{A_{i,j+1,k} - A_{i,j,k} + A_{i,j-1,k}}{\Delta y^2} + v \frac{A_{i,j+1,k} - A_{i,j-1,k}}{2\Delta y} - \lambda A_{i,j,k} = -\lambda A_\infty,$$

$$D_e \frac{A_{i,j,k+1} - A_{i,j,k} + A_{i,j,k-1}}{\Delta z^2} + v \frac{A_{i,j,k+1} - A_{i,j,k-1}}{2\Delta z} - \lambda A_{i,j,k} = -\lambda A_\infty,$$

Позначимо через:

$$A_{i+1,j,k} = y_{i+1}, \quad A_{i,j,k} = y_i, \quad A_{i-1,j,k} = y_{i-1}, \quad A_i y_{i-1} - C_i y_i + B_i y_{i+1} = -F_i,$$

$$A_i = \frac{D_e}{\Delta x^2} - \frac{v}{2\Delta x}, \quad B_i = \frac{D_e}{\Delta x^2} + \frac{v}{2\Delta x}, \quad C_i = \frac{2D_e}{\Delta x^2} + \lambda, \quad F_i = \lambda A_\infty.$$

Аналогічним чином робимо для j і k . Отриману систему рівнянь розв’язуємо в середовищі MatLab.

Література:

1. Уткін В. І. Радонова проблема в екології [Електронний ресурс] / В. І. Уткін. – Уральський державний професійно-педагогічний університет, 2000.

К. техн. н. Рыжов А. Ф., Милашенко Н. С., Омельницкая В. Е.
Днепродзержинский государственный технический университет
**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ
ВЛАЖНЫХ ДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ
В АГРЕГАТАХ БЕСКОНТАКТНОГО СПОСОБА НАГРЕВА**

Наиболее экономичным способом термообработки высоко-влажных полидисперсных материалов является метод бесконтактной сушки (теплоноситель и обрабатываемый материал не находится в прямом контакте друг с другом), осуществляемый в сушильном агрегате кондуктивно-радиационного нагрева. Отсутствие прямого контакта теплоносителя с материалом исключает вынос пыли и не требует применения пылеулавливающих устройств.

Внутренний и внешний тепло- и влагообмен в процессах кондуктивно-радиационной сушки изучен недостаточно. Нахождение полей температуры и влагосодержания связано с решением сложной системы нелинейных уравнений тепло-массопереноса с подвижной границей [1].

В настоящее время используются термографические методы исследования процессов тепло-массопереноса при сушке, которые дают возможность получения большой информации из одного опыта (термограмма, кривая кинетики сушки, кривая скорости сушки). Кроме того, используя экспериментальные данные можно получить значения коэффициентов теплопереноса, которые представляют собой некоторые условные значения, суммарно учитывающие процессы теплоты и массы.

Тогда, рассматривая процесс сушки только как тепловой процесс, но с условными коэффициентами теплопереноса, можно получить аналитические зависимости, определяющие температурное поле и кинетику испарения.

Целью данной работы является разработка математической модели процесса сушки влажного дисперсного материала при радиационно-кондуктивном способе нагрева, используя данные термографического метода исследования и получения удобных для инженерной практики обобщенных зависимостей, характеризующих процесс сушки.

Рассматривается процесс несимметричного нагрева неподвижного бесконечного плоского слоя влажного дисперсного материала. Одна поверхность слоя теплоизолирована, а нагрев противоположной поверхности слоя осуществляется от греющей среды через тонкую металлическую стенку при постоянном коэффициенте теплопередачи. Испарение влаги из материала происходит через зазор, образованный между греющей поверхностью стенки и нагреваемой поверхностью материала.

Используя данные экспериментальных исследований, сформулирована математическая постановка задачи нестационарной теплопроводности для первого и

второго периодов сушки. Причем первый период сушки условно разделен на 3 этапа:

- первый этап (начальная стадия) проходит при неизменной массе материала и заканчивается, когда температура нагреваемой поверхности становится равной температуре мокрого термометра;

- второй этап проходит при возрастающей скорости испарения до максимальной, когда температура противоположной теплоизолированной поверхности слоя материала достигнет значения температуры мокрого термометра;

- третий этап проходит при постоянном потоке испарения до конца первого периода сушки, когда среднеобъемное влагосодержание материала равно максимальному гигроскопическому.

Для определения температурного поля материала в первом этапе нагрева используется известное решение задачи теплопроводности при граничных условиях третьего рода [2], из которого определяются начальные условия для второго этапа.

Процесс нагрева слоя материала во втором этапе происходит с продвижением поверхности испарения вглубь слоя. Движущаяся поверхность испарения имеет постоянную температуру, равную температуре мокрого термометра.

Для определения температурного поля материала в третьем этапе нагрева, а также во втором периоде сушки решена задача теплопроводности при граничных условиях третьего рода с учетом теплового потока с испаряемой влагой.

Решения системы нелинейных дифференциальных уравнений получены методом редукции и параметрического возмущения [3]. Редукция исходных уравнений приводит к образованию системы обыкновенных дифференциальных уравнений, определяющих температурное поле и функцию среднеобъемное влагосодержания слоя материала. Дальнейшее применение метода возмущений приводит к образованию последовательности линейных дифференциальных уравнений, определяющих последовательные приближения искомых функций. Для практических задач исследования процесса нагрева плоского слоя дисперсных материалов достаточную точность обеспечивает первое приближение.

Найденные аналитические зависимости, определяющие температурное поле и кинетику испарения влаги, представлены в критериальном виде и достаточно просто реализуются при численных расчетах.

В результате проведенных исследований процесса нагрева влажного плоского слоя известнякового шлама получена обобщенная зависимость, определяющая массу испарившейся влаги в процессе нагрева при различных условиях теплообмена.

Литература:

1. Лыков А. В. Теория сушки / А. В. Лыков. – М. : Энергия, 1968. – 472 с.

2. Лыков А.В. Теория теплопроводности / А. В. Лыков. – М. : Высшая школа, 1967. – 600 с.

3. Любов Б. Я. Математический анализ плавления тел / А. В. Лыков, Н. И. Яловой // Изв. АН/СССР. Металлы. – №2. – С. 152–162.

Д. техн. н. Самохвалов С. Є., Кравчук О. В.
Дніпродзержинський державний технічний університет
МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЗАРЯДЖЕНОГО ТІЛА
В ТЕОРІЇ ВІДНОСНОСТІ ЗАРЯДІВ ТА МАС

Однією з провідних ідей об'єднання фундаментальних взаємодій є ідея об'єднання калібрувальних груп, що відповідають даним взаємодіям.

При виборі групи трансляцій Γ_T чотиривимірного простору-часу в якості калібрувальної, потенціалами гравітаційного поля виступають реперні поля h_μ^m .

В силу Γ_T -інваріантності рівняння гравітаційного поля $\nabla_\nu B_m^{\mu\nu} = -T_m^\mu$ мають форму, подібну до рівнянь інших калібрувальних теорій, що й дає нам змогу об'єднати гравітацію з електромагнетизмом за допомогою об'єднання груп Γ_T і $U(1)^g$ в одну.

Група $\tilde{\Gamma}_G = \tilde{\Gamma}_T \times U(1)^g$ є групою автоморфізмів розшарування над M зі структурною групою $U(1): P = M \otimes U(1)$. У випадку канонічної схеми електрогравітаційного об'єднання розглядаються тільки такі деформації, при яких шари розшарування не деформуються. У такому випадку коефіцієнти деформації мають вигляд

$$H_\alpha^a = \begin{pmatrix} h_\mu^m & 0 \\ -\ell k A_\mu & \ell \end{pmatrix}.$$

Маючи деформовану таким чином групу H^c будемо дію електрогравітації

$$S_{hA} = \frac{\hbar}{32\pi^2 \alpha \ell^3} \int \left(F_{ab}^c F_{ab}^c + 2F_{ac}^b F_{bc}^a - 4F_{ca}^b F_{cb}^b \right) \sqrt{G} d^5x.$$

П'ятивимірний запис, при відсутності Λ^{5g} -інваріантності дає лише формальне об'єднання гравітації з електромагнетизмом, тому вираз для дії електрогравітації розпадається на два значною мірою незалежних інтеграла. Підбором констант ℓ і k можна домогтися потрібної сили гравітаційної та електромагнітної взаємодій відповідно.

В природі може існувати симетрія $x \leftrightarrow \phi$ обертань, яка внаслідок компактності фази ϕ обезрозмірює просторову координату. У теорії, в якій допускаються обертаня ϕ на інші просторові координати, шари розшарувань $P = M \otimes U(1)$ вже

будуть не інваріантні, внаслідок чого електричний заряд перестає бути абсолютним, а залежить від умов його вимірювання. В даному випадку коефіцієнти деформації мають вигляд

$$H_{\alpha}^a = \begin{pmatrix} h_{\mu}^m, & -\ell\beta V^m \\ -\ell k A_{\mu}, & \ell q \end{pmatrix}.$$

В такій теорії, внаслідок залежності V^m від x^{μ} , оператори заряду і імпульсу не комутують, що свідчить про розмазаність заряду в векторній електрогравітації (на відміну від канонічної електрогравітації). Повний електричний заряд же зберігається.

Електрогравітаційну дію можна записати у чотиривимірному вигляді, врахувавши $\sqrt{G} = \ell Q \sqrt{-g}$ та зробивши інтегрування по ϕ . Одержаний результат призводить до Λ^{5g} –інваріантної теорії.

Рівняння електрогравітаційного поля в даній теорії мають вигляд:

$$\begin{aligned} \nabla_{\nu} B_m^{\mu\nu} &= -(t_m^{\mu} + \tau_m^{\mu}); \\ \nabla_{\nu} B^{\mu\nu} &= -\frac{1}{c}(\varepsilon^{\mu} + j^{\mu}); \\ \nabla_{\nu} W_n^{\nu} &= -(S_n + \sigma_n) \end{aligned}.$$

Данні рівняння в центрально-симетричному випадку можуть мати розв'язки, позбавлені сингулярностей.

К. фіз.-мат. н. Северін Е. Н.

Дніпропетровський політехнічний коледж

**ДО ПЕРЕВАГ ОРТОГОНАЛЬНОГО ПЛАНУВАННЯ СКЛАДУ
КОМПЛЕКТУ СТАНДАРТНИХ ЗРАЗКІВ
ДЛЯ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛІЗУ МЕТАЛІВ**

1. В даній роботі вибраний напрям досліджень «пошук принципів і шляхів створення нових прогресивних матеріалів» спеціальності 05.02.01 – матеріалознавство. Вже з самого початку варто зазначити, що даний напрям не розуміє необхідності самого створення і отже не може передбачати якісь дослідження ще не створених матеріалів.

2. Кількісний аналіз металів на металургійних заводах виконується спектрометричними методами з застосуванням комплекту стандартних зразків складу (КСЗ). Кожний КСЗ характеризується «планом» – прямокутною таблицею концентрацій (матрицею X), m рядків якої відповідають стандартним зразкам (СЗ), а n стовпців – аналізованим елементам.

3. З матеріалознавчої точки зору КСЗ являється виробом, тоді як СЗ є лише матеріалом для його виготовлення.

4. Історично спочатку КСЗ був призначений для визначення методом парного кореляційного аналізу залежностей типу $y_i = f_i(x_i)$, де x_i – концентрація i -го аналізованого елемента, y_i – відповідний аналітичний сигнал (інтенсивність відповідної спектральної лінії). З часом був встановлений т.зв. міжелементний ефект, згідно з яким величина аналітичного сигналу даного елемента загалом залежить також і від концентрацій інших елементів. І тоді для його урахування стали застосовувати аналітичні рівняння множинної регресії типу $y_i = F_i(x_1, x_2, \dots, x_m)$.

5. Переходом від рівнянь парної регресії типу $y_i = f_i(x_i)$ до рівнянь множинної регресії типу $y_i = F_i(y_1, y_2, \dots, y_n)$ вдалось значно зменшити, хоча й не повністю, вплив міжелементних ефектів на результати аналізу. Але при цьому виникає наслідок про неможливість визначення коефіцієнтів регресії незалежно один від одного [1]. Крім того, якщо чомусь змінити порядок робочого полінома, то тоді всі обчислення треба бути виконувати заново. Така невизначеність в оцінці коефіцієнтів регресії аж занадто погіршує метрологічні характеристики результатів аналізу. Ця прикра обставина вже давно помічена спектроскопістами і хибно приписувалась недолікам вибраного варіанта розрахунку. Запропоновано цілий ряд різних варіантів методу регресійного аналізу, маючих на меті уникнути цього недоліку: рівняння Бітті і Бріссі, рівняння Лукаса-Гутса та Прайса, рівняння Лачанса і Трейла та ін. Виявилось, що застосування кожного варіанту виявлялось успішним при аналізі не кожного зразка і не кожної марки металу. Число таких пропозицій весь час зростало, що об'єктивно свідчило про марність прикладених до їх розробки зусиль.

Між тим від невизначеності, пов'язаної з неоднозначною чисельною оцінкою матриці коефіцієнтів регресії A можна визволитись, якщо в матриці X застосувати ортогональне планування [1].

6. Заповзятий нами пошук оптимальної моделі складу КСЗ для урахування міжелементних ефектів оснований на тому, що властивості КСЗ як готового продукту повністю визначаються властивостями «матеріалу», з якого він виконаний. А позаяк згідно з загальновідомими вимогами до КСЗ, їх фізико-хімічні властивості, такі як число заданих елементів та їх діапазони концентрацій, мікроструктура, спосіб виготовлення, термообробки і т.п., повинні бути якнайтісніше узгодженими, тотожними з властивостями аналізованих зразків і через це вже не можуть довільно нами змінюватись, то при виконанні всіх цих вимог єдиною вільною до варіації змінною тут залишається лише загальний склад комплекту – «план».

7. Узагальнити все вищесказане можна зазначенням, що з матеріалознавчої точки зору комплект стандартних зразків складу – це вироб, готовий продукт, матеріалом виготовлення якого являється певна необхідна та достатня сукупність т.зв. стандартних зразків, фізико-хімічні властивості кожного з яких повинен

відповідати властивостям аналізованих зразків, а також цілком певним складовим властивостям, а саме таким, щоб готовий продукт придбав певну лише йому притаманну складову властивість.

8. Послідовно дотримуючись цього обмеження, методом математичного моделювання показано, що найкращі метрологічні характеристики методу досягаються при вимозі обов'язково рівномірного розподілу концентрацій всіх задіяних елементів вздовж контрольованих діапазонів [2]. До речі, при цій вимозі концентрації всіх елементів можуть бути нормовані до чисел натурального ряду від 1 до m .

9. Далі на множині натуральних циклічних латинських квадратів порядку від $m = 6$ до 12 методом комбінаторики знайдені такі, в яких сукупність всіх пар вектор-стовпців даного квадрату утворюють взаємно ортогональну або майже ортогональну систему, тобто такі, середнє значення елементів $|r|$ -матриці коефіцієнтів кореляції всіх пар вектор-стовпців були б рівні нулю (або найближчі до нуля). Такі квадрати названі ортогональними квадратами другого роду. Вони вибрані математичними моделями відповідного плану КСЗ. Автоматизм задоволення моделей вимозі рівномірності розподілу концентрацій обумовлюється їх натуральністю.

10. При ортогональному плануванні вся система рівнянь розпадається на ряд незалежних рівнянь, з яких знаходять коефіцієнти з мінімальними дисперсіями, при чому незначущі коефіцієнти можна зразу ж відкидати.

11. Планування КСЗ на базі натуральних циклічних ортогональних квадратів забезпечує застосуванню відповідних КСЗ для урахування міжелементних впливів максимальний ефект при затраті мінімальних засобів [3].

12. Методом нормування показана тотожність математичного визначення зв'язку між змінними в векторній та аналітичній інтерпретації.

13. Складені алгоритми послідовного розрахунку оптимального плану КСЗ по заданих екстремальних значеннях концентрацій для спектрометричного аналізу сталі на 12 елементів.

14. Виконаний аналіз складу КСЗ, що випускаються відомими міжна-родними фірмами Breitlander, Bramer, ЗАО ИЧМ (Росія) та ін., показав, що жоден із близько 120 розглянутих КСЗ не задовольняє умові 9.

15. Слід вважати, що найбільш перспективним тут методом виготовлення є метод порошкової металургії, який був вперше успішно випробуваний в Україні Куделею для виготовлення КСЗ металів ще в 1949 р.

Література:

1. Налимов В. В. Логические основания планирования эксперимента / В. В. Налимов, Т. И. Голикова. – М. : Металлургия, 1981. – 152 с.
2. Северин Э. Н. Математическое моделирование поиска оптимального плана эксперимента при количественном спектральном анализе с нелинейной градуировочной характеристикой / Э. Н. Северин, Ю. М. Буравлев // Математичне моделювання. – 2007. – № 1(16) – С. 61–64.

3. Северін Е. Н. Визначення параметрів комплексу стандартних зразків складу для спектрального аналізу з застосуванням методу нормування / Е. Н. Северін // Математичне моделювання. – 2013. – № 2(29). – С. 51–54.

Д. техн. н. Сигарёв Е. Н., к. техн. н. Сокол А. Н.

Днепродзержинский государственный технический университет

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАНЕСЕНИЯ ШЛАКОВОГО ГАРНИСАЖА НА ФУТЕРОВКУ КОНВЕРТОРА ПРИ РАЗНЫХ ПОЛОЖЕНИЯХ ФУРМЫ

Ухудшение состояния огнестойкой футеровки кислородного конвертера обуславливает необходимость проведения ремонтных работ по существующим методикам, равно как и разработку новых. Для этого целесообразно применить методы математического моделирования, что дополнит имеющиеся результаты физического моделирования [1], в том числе и за счёт возможности описывать динамику взаимодействия нескольких фаз (азот, шлаковые капли) [2].

Базовая математическая модель описана в работе [3]. Все уравнения и граничные условия сохранены, поэтому не будем на них останавливаться детально. Дополнительно приняты следующие предположения:

1. Под действием отражённой от днища конвертера азотной струи образуется поток капель шлака, имеющий форму конуса, при этом поверхность днища принята плоской.

2. Величина потока капель шлака пропорциональна величине потока подаваемого в конвертор азота.

Первое предположение позволяет учесть зависимость высоты нанесения гарнисажа на стенку конвертера от высоты установки и угла сопел раздувочной фурмы, что проиллюстрировано на рис. 1.

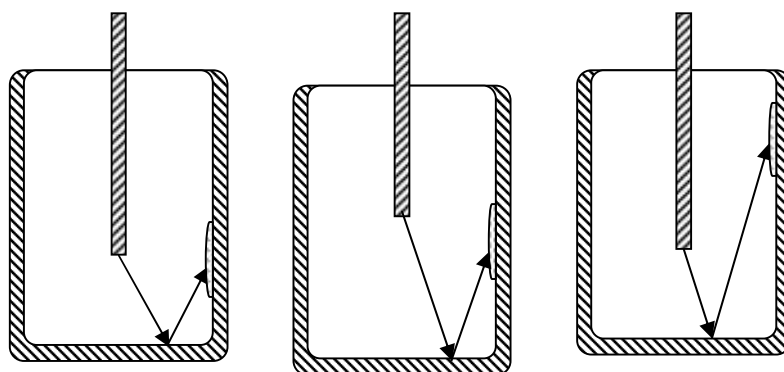


Рис. 1. Зависимость высоты ошлакования от положения фурмы и угла сопел

Второе предположение о пропорциональности величин потоков азота и шлаковых капель даёт возможность рассмотреть фурмы с соплами разного критического диаметра, что также имеет влияние на результирующую картину. Как

отчётливо видно из рис. 2, снижение критического диаметра сопла приводит к ослаблению потока азота и менее интенсивному ошлакованию.

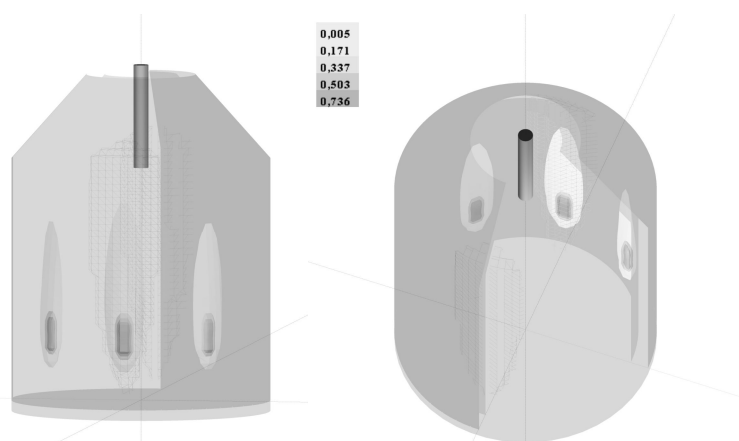


Рис. 2. Трёхмерное изображение нанесенного шлакового гарнисажа

С помощью разработанного программного обеспечения были проведены различные серии вычислительных экспериментов с целью выявления рационального режима раздувки шлака. Результаты одной из серий представлены на рис. 3.

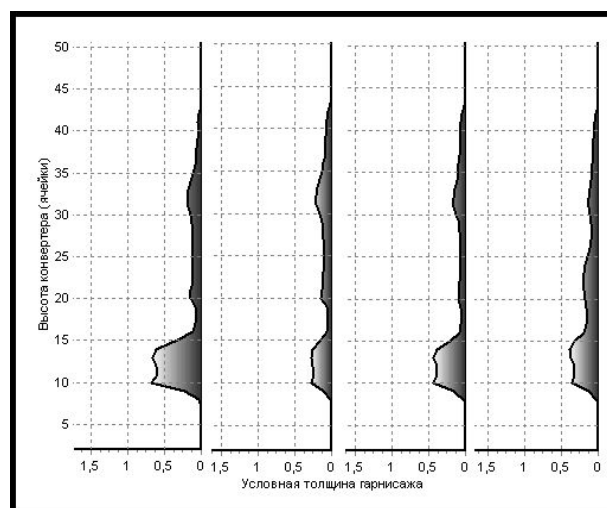


Рис. 3. Профиль шлакового гарнисажа для разных режимов

Отдельные профили на рис. 3 соответствуют разным режимам. Очевидно, что более рациональные режимы те, при которых время продувки с низким положением фурмы больше, чем время продувки с высоким положением. Таким режимом можно назвать четвёртый режим; трёхмерное изображение соответствующего ему гарнисажа представлено на рис. 4.

Получила развитие ранее предложенная математическая модель, которая описывает нанесение шлакового гарнисажа путём раздувки подготовленного остаточного шлака на футеровку конвертера. В отличие от базовой модели учтена зависимость высоты ошлакования от высоты установки фурмы и угла сопел. С помощью созданного программного обеспечения выявлены рациональные режимы ошлакования.

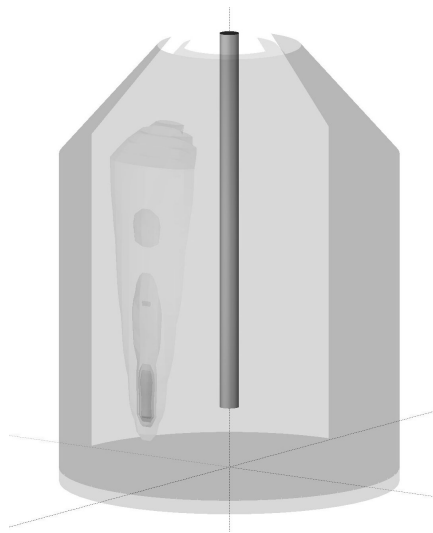


Рис. 4. Трёхмерное изображение гарнисажа для 4-го режима раздувки

В дальнейшем возможно развитие представленной математической модели в направлении учёта неровностей днища конвертора, зависимости диаметра шлаковых капель от высоты установки фурмы и уточнения теплофизических характеристик отдельных фаз.

Литература:

1. Чернятевич А. Г. Гидродинамические закономерности нанесения шлакового гарнисажа на футеровку конвертера / А. Г. Чернятевич, Е. А. Сигарев, Е. А. Чубина // *Металлы и литье Украины*. – 2005. – № 3–4. – С. 45–47.
2. Огурцов А. П. Математичне моделювання теплофізичних процесів у багатофазних середовищах / А. П. Огурцов, С. Є. Самохвалов. – К. : Наук. думка, 2001. – 409 с.
3. Сігарьов Є. М. Моделювання нанесення шлакового гарнісажу з метою оптимізації процесів гарячого ремонту футерівки конвертера / Є. М. Сігарьов, А. Г. Чернятевич, А. М. Сокол // *Математичне моделювання*. – Дніпродзержинськ : ДДТУ, 2011. – № 2(25). – С. 116–119.

К. фіз-мат. н. Черномурова Л. О., Накопія М. Р.

Дніпродзержинський державний технічний університет

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ БУТСТРАП-МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ЧАСОВИХ РЯДІВ

Прогноз індексу валютних пар – проблема, яка займає фінансових аналітиків з самого народження фінансових ринків. Точні передбачення ринкових тенденцій є основою для швидкого й істотного зростання капіталу. Існує велика кількість методів прогнозування, які мають як свої переваги так і недоліки. Бутстрап є статистичним методом, який на даний час все більш широко застосовується в задачах прогнозування. Вперше бутстрап був запропонований Ефроном (1979) для незалежних однаково розподілених даних. В основі бутстрапівського підходу

лежить ідея, що справжній розподіл даних можна добре наблизити емпіричним. Насправді, емпіричний розподіл – єдине джерело інформації про справжній розподіл даних, які має дослідник окрім моделі. Важливою перевагою бутстрапу є більш повне використання інформації, закладеної у вибірці, без накладання суттєвих обмежень на модель.

Метою даної роботи є порівняльний аналіз ефективності різних варіацій бутстрапу при прогнозуванні індексу валютних пар.

У випадку часових рядів звичайний бутстрап не застосовують, тому що він порушує структуру часового ряду. Проте існують модифікації, які дозволяють застосовувати початкову ідею в контексті часових рядів: бутстрап залишків (параметричний, непараметричний, решітковий, холескі-фактор), марковський, блоковий та інші.

Решітковий бутстрап наближує вихідний процес генерації даних за допомогою авторегресії порядку $p(T)$. де $p(T) \rightarrow \infty$ і $p(T) = o(T)$ при $T \rightarrow \infty$. Можна припустити, що за допомогою такого «просіювання» ми отримуємо залишки, які набагато ближче до незалежних однаково розподілених даних.

Головна складність в блоковому бутстрапі – це вибір довжини блоку. Маленькі блоки руйнують залежність між спостереженнями, при великих блоках псевдовибірки будуть схожими. Є кілька способів вибору довжини, наприклад обирати блоки, які дають найкращі результати при Монте-Карло симуляціях в заданій моделі.

Якщо процес, що генерує дані, – марковський або його можна наблизити марковським, варто скористатися марковським бутстрапом, який був запропонований в Horowitz (2003). Суть його полягає в тому, що за вибірковими спостереженнями будується оцінка умовної щільності; потім бутстрапівські вибірки вибираються з оціненої умовної щільності.

У даній роботі розроблені алгоритми та проведені чисельні дослідження різних варіацій бутстрапу на прикладі прогнозу індексу валютної пари EUR/USD. На основі аналізу отриманих результатів можна зробити висновок, що марковський бутстрап дає найкраще наближення у порівнянні з іншими варіаціями бутстрапу, він простий в реалізації, не вимагає багато часу для обчислень в реальних додатках. Крім того, переваги марковського бутстрапу полягають в наступному: по-перше, перехідні ймовірності залежать від передісторії бутстрапівської вибірки; по-друге, при визначенні ймовірностей використовується сама вибірка; нарешті, ймовірності обчислюються за єдиною схемою, яка не змінюється від точки до точки. Все це робить марковський бутстрап привабливим для використання в прикладних дослідженнях при побудові коректних статистичних висновків.

Д. техн. н. Чичкарев Е. А. *, Сидун Н. Н. *, Володин А. С. *, Чичкарев К. Е. **

* ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»,

** ПАО «ММК им. Ильича»

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ И УДАЛЕНИЯ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ ПРИ ПРОДУВКЕ РАСПЛАВА ИНЕРТНЫМ ГАЗОМ В ПРОМЕЖУТОЧНОМ КОВШЕ

В данной работе представлены результаты моделирования движения потоков расплавленного металла в промежуточном ковше МНЛЗ (ПК) и рафинирования стали с использованием продувки аргоном через донные фурмы.

Для повышения эффективности удаления неметаллических включений (НВ) в процессе непрерывной разливки широко используют дополнительные устройства управления потоком (перегородки и пороги различной конфигурации), завесы из пузырьков инертного, а также применяют перемешивание с помощью пузырьков газа. Это стимулирует обратную циркуляцию металла, удлинение времени пребывания в промковше, провоцирует столкновение НВ между собой, их укрупнение и таким образом способствует их флотации в поверхностный шлак.

Для решения гидродинамической задачи о движении жидкого металла в ковше использован метод компьютерного моделирования с использованием прикладного пакета OpenFOAM.

Математическая модель процессов перемешивания включала уравнения Навье-Стокса, уравнение турбулентной диффузии. Для расчета турбулентной вязкости использовалась k - ε модель, основанная на рассмотрении кинетической энергии пульсации скоростей k и скорости диссипации энергии ε . Для расчетов принимались следующие значения констант: $C_1 = 1,44$, $C_2 = 1,92$, $C_2 = 0,09$, $\sigma_k = 1,0$, $\sigma_\varepsilon = 1,3$. Для расчета взаимодействия аргона с металлом использовалась VOF-модель многофазных течений.

Для исследования течения металла были созданы несколько вариантов геометрических и конечно-разностных моделей, учитывающих различное положение донных продувочных фурм. Контроль результатов расчета осуществлялся с использованием кривых распределения времени пребывания, которые сопоставлялись с результатами физического моделирования.

Процесс визуализации состоял из трех этапов: построение неоднородной расчетной сетки с помощью построителя, решение уравнения с помощью встроенной библиотеки OpenFOAM для решения задач гидродинамики, визуализации решения. Для визуализации результатов расчетов использовался пакет ParaView, реализованный на базе библиотеки Visualization Toolkit (VTK).

Широкие возможности удаления неметаллических включений в промежуточном ковше обеспечивает продувка инертным газом в пузырьковом режиме.

С учетом стационарности потока металла через ПК остаточная концентрация НВ в металле на выходе барботажной зоны ПК рассчитывалось по уравнению:

$$\frac{c_1}{c_0} = \frac{1}{1 + k_F \theta}, \quad (1)$$

где c_0, c_1 – концентрация НВ в металле перед и на выходе из барботажной зоны ПК; $\theta = V_b / R$ – среднее время пребывания металла в барботажной зоне; V_b – объем барботажной зоны; R – объемная скорость разливки в расчёте на 1 секцию ПК, м³/с. Снижение концентрации НВ возможно за счёт увеличения времени пребывания (т.е. фактически увеличения объема барботажной зоны) и за счет увеличения константы скорости k_F , что достижимо за счёт уменьшения среднего диаметра пузырьков и дисперсии распределения их распределения по размерам.

Наилучшие результаты по степени удаления НВ были получены при расположении продувочного блока на расстоянии, равном 2/3 длины разливочной секции от перегородки, что вполне согласуется с результатами промышленного эксперимента, приведенными в литературе.

Д. техн. н. Шинкаренко В. І., Васецька Т. М.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту

ім. академіка В. Лазаряна

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ АДАПТАЦІЇ АЛГОРИТМІВ АРХІВАЦІЇ ЗАСОБАМИ КОНСТРУКТИВНО-ПРОДУКЦІЙНИХ СТРУКТУР

Математичне моделювання – галузь, яка досить активно розвивається разом із новими технологіями. Оскільки дає можливість більш точно відтворити ту чи іншу модель або процес. В даній роботі розглядається механізм конструктивно-продукційних структур (КПС) [1] для моделювання процесу адаптації алгоритмів архівації даних.

Моделювання процесу адаптації алгоритмів архівації здійснюється за допомогою трьох КПС різного призначення: двоїстий конструктор алгоритмів архівації, перетворювач алгоритмів архівації та адаптер.

Двоїстий конструктор алгоритмів архівації здійснює конструювання безпосередньо алгоритму архівації та відповідного йому алгоритму декомпресії. Алгоритм архівації складається із послідовності деяких базових алгоритмів попередньої обробки та стиснення [2], які додаються в конструкцію за певними правилами на основі вектора ймовірностей їх використання. Вектор ймовірностей використання задається адаптером.

Процес адаптації виглядає наступним чином. Адаптер використовуючи двоїстий конструктор синтезує множину алгоритмів архівації та декомпресії. Перетворювач виконує перетворення алгоритмів архівації в процес їх виконання

на заданих наборах даних. Далі визначається степінь стиснення для кожного алгоритму. Адаптер на основі аналізу степені стиснення обирає кращий алгоритм архівації і формує новий вектор ймовірностей використання базових алгоритмів [3]. Далі знову виконується синтез алгоритмів архівації з використанням нового вектору ймовірностей. Цей процес продовжується поки не буде досягнуто потрібної степені стиснення даних [4].

Узагальненою конструктивно-продукційною структурою (УКПС) називається трійка [1]:

$$C_G = \langle M, \Sigma, \Lambda \rangle,$$

де M – носій структури, Σ – сигнатура, яка складається із множин операцій зв'язування (Ξ), підстановки та виводу (Θ), операцій над атрибутами (Φ) та відношення підстановки, Λ – конструктивна аксіоматика, представлена в [1].

За допомогою операцій зв'язування, підстановки та ін., які задаються правилами аксіоматики КПС дозволяють формувати множини конструкцій. Конструкції формуються в результаті виконання операцій виводу.

Для використання УКПС необхідно виконати чотири етапи уточнення: спеціалізацію, інтерпретацію, конкретизацію та реалізацію.

Представимо спеціалізацію УКПС для адаптера:

$$C = \langle M, \Sigma, \Lambda \rangle_S \mapsto C_{AAC} = \langle M_{AAC}, \Sigma_{AAC}, \Lambda_{AAC} \rangle$$

де $\Lambda_{AAC} = \Lambda \cup \Lambda_{11} \cup \Lambda_{12}$, $\Lambda_{11} = \{M_{AAC} \supset T_3 \cup N_3\}$, $\Sigma_{AAC} = \Sigma_{KAC} \cup \Sigma_{AAC_1}$, $\Sigma_{AAC_1} = \{\Xi, \Theta, \Phi\}$,

$$\Xi = \{., : \}, \quad \Phi = \{+, :=, -, \diamond, \nabla, \otimes, =, >, /, \div, \uparrow, \hbar\}, \quad \Theta = \{\Rightarrow, \Leftarrow, \Leftrightarrow\}.$$

Часткова аксіоматика Λ_{12} містить наступні доповнення.

1. Носій M_{AAC} включає сконструйовані конструктором алгоритми архівації $As_k = (\prod_i \{B_i^0 |_{X_i}^{Y_i}\})_k$ та декомпресії $Ds_k = (\prod_i \{(B^{-1})_i^0 |_{Y_i}^{X_i}\})_k$. Конструкції алгоритмів архівації мають такі атрибути:

- образ алгоритму – $(\vec{q} \lrcorner As_k) = [Q_{i_1}, Q_{i_2}, \dots, Q_{i_k}]_k$ – вектор кількості включень в k -й алгоритм архівації i – ого базового алгоритму;
- степінь стиснення даних вказаним алгоритмом $s \lrcorner As_k$.

2. Носій M_{AAC} включає сконструйовані адаптером списки алгоритмів архівації ${}_h R$ та декомпресії ${}_h Rd$, де $h \in N$ – кількість елементів у списку.

3. Термінальний алфавіт включає множину алгоритмів, необхідних для процесу адаптації $T_3 = \{B_i |_{X_i}^{Y_i}\}$, а нетермінальний – символи для позначення етапів процесу адаптації.

4. Закінчується процес адаптації при відсутності нетерміналів у формі.

Виконаємо інтерпретацію формальної структури адаптера алгоритмів архівації:

$$C_{AAC} = \langle M_{AAC}, \Sigma_{AAC}, \Lambda_{AAC} \rangle \mapsto {}_{I,C,AAC} C_{I,AAC} = \langle M_{AAC}, \Sigma_{AAC}, \Lambda_{AAC} \cup \Lambda_{13} \rangle,$$

де $\Lambda_{13} = \{ (A_1^0 |_{A_i, A_j}^{A_i, A_j} \dashv\vdash), (A_6^0 |_a^a \dashv\vdash), (A_7^0 |_a^b \dashv\vdash), (A_9 |_{p, k, L, L}^c \dashv\vdash \otimes), (A_{11}^0 |_{a, b}^c \dashv\vdash), (A_{12} |_{c, n, L}^L \dashv\vdash), (A_{13} |_{h, l, q, f_i}^{f_j} \dashv\vdash^*), (A_{14} |_{f_j, \Psi}^{f_j} \dashv\vdash^*), (A_{15} |_{\sigma, \Psi}^{\bar{\Omega}} \dashv\vdash^*), (A_{16}^0 |_{a, b}^c \dashv\vdash /), (A_{17}^0 |_{a, b}^c \dashv\vdash >), (A_{18}^0 |_f^{\mu} \dashv\vdash \hat{I}), (A_{19}^0 |_{a, b}^c \dashv\vdash -), (A_{20} |_{f, f_s}^s \dashv\vdash \nabla), (A_{21} |_{\hat{R}}^{best} \dashv\vdash \diamond), (A_{22}^0 |_{R, best}^{Ad} \dashv\vdash \hbar), A_i |_X^Y \in C_{A, AAC}, C_{A, AAC} - базова алгоритмічна структура на основі якої виконується інтерпретація.$

Наведемо приклад конкретизації адаптера алгоритмів архівації для його реалізації, наведеної в [4]:

$${}_I C_{AAC} = \langle M_{AAC}, \Sigma_{AAC}, \Lambda_{I, AAC} \rangle_K \mapsto C_{K, AAC} = \langle M_{AAC}, \Sigma_{AAC}, \Lambda_{K, AAC} \rangle$$

де $\Lambda_{K, AAC} = \Lambda_{AAC} \cup \Lambda_{I, KAC} \cup \Lambda_{13} \cup \Lambda_{14}$, $\Lambda_{13} = \{T_3 = \{B_{18}^0 |_{R, i}^{As_i}, B_{19}^0 |_{f, \bar{p}}^{As_{f_s}^s, Ds_{f_s}^f}, B_{20}^0 |_X^R, B_{21}^0 |_{As_{f_s}^s, f}^{f_s}, B_{22}^0 |_{\hat{R}}^{\hat{R}}, B_{23}^0 |_{\hat{R}, h}^{\hat{R}}, B_{24}^0 |_{\hat{R}}^K, B_{25}^0 |_K^r, B_{26}^0 |_{K, r}^{\bar{s}_{max}}, B_{27}^0 |_K^{\bar{s}_{min}}, B_{28}^0 |_{K, \bar{s}_{max}, \bar{s}_{min}}^{\bar{l}}, B_{29}^0 |_{K, \bar{l}}^{\bar{p}_q}, B_{30}^0 |_{Pq}^{\bar{p}_k}, B_{31}^0 |_{K, r, \bar{p}_k, \bar{l}}^{\bar{p}}, B_{32}^0 |_{Ad}^{rez}\}$, $N_3 = \{\sigma, \chi, \delta, \vartheta, \xi, \lambda\}$
 $U_3 = \{\sigma\}$, $\Psi_A = \{s_i, g_j\}$, де N_3 включає нетермінали – абстрактні алгоритми, а T_3 – базові алгоритми $B_j^0 |_X^Y$ процесів адаптації. Детальний опис терміналів та нетерміналів, аксіоматика, а також правила виводу не наводяться через їх великий об'єм.

Реалізацією КПС адаптера буде пара: алгоритм архівації адаптований до заданого набору вхідних даних на конкретному комп'ютері та відповідний йому алгоритм декомпресії.

За аналогією виконують уточнюючі перетворення для КПС двоїстого конструктора алгоритмів архівації та перетворювача цих алгоритмів у процес архівації.

На етапі спеціалізації КПС двоїстого конструктора алгоритмів архівації C_{KAC} задаються термінали – базові алгоритми $\{ {}_p B_i^0 |_X^Y \}$ алгоритми архівації без втрат та відповідні їм алгоритми декомпресії $\{ ({}_p B_i^{-1})^0 |_X^Y \}$; нетермінали – абстрактні алгоритми. Атрибути терміналів: $p \dashv B_i^0$ – рекомендована ймовірність використання. Для КПС C_{KAC} інтерпретуються наступні операції: присвоєння, вибір із багатьох, генерація випадкового числа, конкатенація та умовне виконання алгоритмів. При конкретизації структури C_{KAC} двоїстого конструктора задаються конкретні базові алгоритми архівації, вводяться символи термінального та нетермінального алфавітів, правила виводу та обмеження на значення атрибутів. Реалізацією КПС двоїстого конструктора буде пара: сконструйований алгоритм архівації та відповідний йому алгоритм декомпресії.

На етапі спеціалізації КПС перетворювача алгоритмів архівації C_{PAC} в процес їх виконання задається термінальний алфавіт, що містить алгоритми архівації $\{ B_i^0 |_X^Y \}$ та відповідні їм процеси виконання $\{ \tilde{B}_i^0 |_X^Y \}$. Для інтерпретації спеціалізованої КПС C_{PAC} вводиться базова алгоритмічна структура, алгоритми якої інтерпретують операції повного та часткового виводу, конкатенації.

При конкретизації C_{PAC} задаються конкретні базові алгоритми архівації із термінального алфавіту двоїстого конструктора. Для кожного базового алгоритму архівації визначається процес його виконання, задаються правила розбору та побудови процесу виконання алгоритмів архівації. Реалізація КПС перетворювача алгоритмів архівації представляє собою процес виконання алгоритму архівації, безпосередньо процес архівації конкретних даних.

Запропонована модель процесу адаптації алгоритмів стиснення має два типи відношень. Відношення виконання $C_L \xrightarrow{\bullet} C_M$ означає, що для алгоритму реалізації C_M з початковим нетерміналом ${}_{x,y}\sigma \in U$ існує $B_i^0|_x^y \in T$ структури C_L . Відношення узгодження $C_L \dashrightarrow C_M$ означає, що $T_L \subset T_M$, тобто термінальний алфавіт однієї структури включає в себе термінальний алфавіт іншої структури.

Розроблені моделі систематизують представлення процесів адаптації алгоритмів архівації та додають нові можливості для їх використання.

Література:

1. Шинкаренко В. И. Конструктивно-продукционные структуры и их грамматические интерпретации. I. Обобщенная формальная конструкционно-продукционная структура. / В. И. Шинкаренко, В. М. Ильман // Кибернетика и системный анализ. – 2014. – №5. – С. 8–16.
2. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео / Ватолин Д., Ратушняк А., Смирнов М. и др. – М. : Диалог-МИФИ, 2003. – 384 с.
3. Шинкаренко В. И. Методы и средства структурной адаптации алгоритмов на метаалгоритмической основе / В. И. Шинкаренко, Г. Г. Кроль, Е. Г. Васецкий // Искусственный интеллект. – 2009.- №3. – С.
4. Структурная адаптация алгоритмов сжатия данных на метаалгоритмической основе / Шинкаренко В. И., Кроль Г. Г., Васецкий Е. Г. и др. // Искусственный интеллект. – 2009. – №4.

Д. техн. н. Шумейко О. О.* , Кнуренко В. М.**

** Дніпродзержинський державний технічний університет*

*** Жовтотоводський обласний комунальний вищий навчальний заклад,
інститут підприємництва «Стратегія»*

ПОБУДОВА ПРОФІЛІВ ІРТ ЗА ДОПОМОГОЮ СПЛАЙНІВ, ЯКІ ЗБЕРІГАЮТЬ СЕРЕДНЄ ЗНАЧЕННЯ

Контроль знань та вмінь студентів є одним з головних елементів навчального процесу. Від правильної організації проведення контролю залежить ефективність управління навчальною роботою та якість підготовки фахівців. Важливою складовою методів контролю знань є тестування. Система тестування – це універсальний інструмент для виявлення рівня знань студентів на всіх етапах навчального процесу. Теоретичним підґрунтям тестового контролю є класична теорія тестів і

сучасна теорія Item Response Theory (IRT). Класичною моделлю для профілів запитань (ймовірність респондента з рівнем знань θ_i правильної відповіді на запитання зі складністю не вище за β_j) вважають двопараметричну модель Бірнбаума:

$$P(\theta_i, \beta_j) = \frac{e^{D \cdot a_j(\theta_i - \beta_j)}}{1 + e^{D \cdot a_j(\theta_i - \beta_j)}}.$$

Недоліком моделі в практичному використанні є її нелінійна залежність від параметрів та обмежена “гнучкість”. Запропоновано в якості моделі профілю IRT використовувати сплайни, які зберігають середнє значення. В основі отриманого результату лежить твердження:

Теорема. Нехай $x(t)$ функція, яка інтегрується на R^1 та $X(t)$ первісна $x(t)$ така, що $X(0) = 0$. Окрім того, нехай $s(X, t)$ сплайн, який інтерполює $X(t)$ у вузлах t_i $0 \leq t_0 < t_1 < \dots < t_{n-1} < t_n$, тобто $X(t_i) = s(X, t_i)$ ($i = 0, 1, \dots, n$). Тоді сплайн $s'(X, t)$ зберігає середнє значення функції $x(t)$ на проміжку $[t_i, t_{i+1}]$.

Припустимо, що результат відповіді i -го респондента на j -е завдання дорівнює $r_{i,j}$, де $r_{i,j} = 1$, якщо відповідь вірна, у зворотному випадку, дорівнює 0. Тоді оцінка рівня знань респондента дорівнює $\hat{\theta}_i = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M r_{i,j}$, а оцінка рівня складності

завдання тесту дорівнює $\hat{\beta}_i = 1 - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N r_{i,j}$, де M – кількість завдань тесту, а N –

кількість респондентів. IRT профіль визначається множиною

$$P_j(\theta) = \frac{1}{N} \sum \{r_{i,j} | \theta_i \leq \theta\}. \quad \text{Через} \quad I(P_j(\theta_k)) = \frac{1}{N} \sum_{v=0}^k P_j(\theta_v), k = 1, \dots, \hat{N}$$

позначимо дискретний аналог первісної від $P_j(\theta_k)$. Якщо $S(I(P_j(\theta_k)), t)$ кубічний сплайн мінімального дефекту, який інтерполює первісну, то $S'(I(P_j(\theta_k)), t)$ є параболічним сплайном, який інтерполює у середньому. Показано, що використання моделі IRT на основі сплайнів, які інтерполюють у середньому, дозволяє отримати агрегатну характеристику оцінки якості складання тестових завдань, що дозволяє реалізувати автоматичну діагностику якості тестів.

Секція III. АЛГОРИТМИ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Авдєєв В. С.

Дніпродзержинський державний технічний університет

РОЗПІЗНАВАННЯ РОЗМИТИХ ОБРАЗІВ У АНАЛІЗІ КРОВІ З МЕТОЮ ДІАГНОСТИКИ АЛЕРГІЧНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ

Обробка зображень в медицині характеризується отриманням інформації з відеоданих для постановки медичного діагнозу пацієнту. Важливим джерелом інформації на зображеннях є не тільки наявність чи кількість певних об'єктів, але і їх морфологія. Морфологія імунних клітин (еозинофілів) – відображає стан імунної системи. Однак визначення морфологічних показників – трудомісткий процес, ця задача значно ускладнюється для мікрооб'єктів, які за своєю природою не мають чітких контурів.

Для вирішення цієї проблеми було прийнято рішення створити інформаційну систему автоматизованого розпізнавання розмитих образів у аналізі крові з метою діагностики алергічних захворювань, яка б вирішувала важливе практичне завдання діагностики алергічних захворювань.

Задачі у рамках цієї системи можна розділити на наступні частини:

1. Перевід зображення з RGB складової до необхідної кольорової моделі.
2. Кластерний аналіз зображення.
3. Розпізнавання розмитих образів модифікованим алгоритмом виділення зв'язних областей.
4. Обчислення кількості клітин, визначення їхніх типів та морфологічних параметрів, оцінка здоров'я пацієнта.
5. Розробка експертної системи для корекції діагнозу.

Вибір системи відображення кольорів є попереднім етапом системи розпізнавання розмитих образів. Було виявлено, що найкращою системою відображення кольорів для даної задачі є система YUV. В ній зображення розкладається на три складові: Y – яскравість, U та V – кольорові різниці. Надалі працюємо зі складовою – Y (для більшості зображень цього достатньо).

Сегментація візуальної інформації є другим етапом системи обробки зображень, оскільки дозволяє спростити подальший аналіз однорідних областей зображення та їх характеристик. При застосуванні алгоритмів кластерного аналізу завдання сегментації трактується як завдання пошуку кластерів, що описують зв'язані однорідні області. Для кластризації було вибрано метод k-середніх (k-means). Дія алгоритму така, що він прагне мінімізувати сумарне квадратичне відхилення точок

кластерів від центрів цих кластерів змінюючи центри кластерів (враховується також кольорова корекція).

Третім етапом йде розпізнавання розмитих образів модифікованим алгоритмом виділення зв'язних областей, де перевіряється належність груп пікселів до окремих клітин.

На четвертому етапі відбувається обчислення кількості клітин, та визначення їх типу. Також обчислюються їхні основні морфологічні параметри такі як: площа (кількість пікселів у області клітини), периметр (підраховується кількість пікселів по контуру клітини), компактність (обчислюється як відношення квадрату периметра до площі), середня яскравість (відношення суми яскравості до площі). На цьому ж етапі видається перша оцінка стану здоров'я пацієнта.

На п'ятому етапі основну частину програми доповнено експертною системою, що була створена для корекції та уточнення результатів попереднього етапу роботи системи. Це досягається завдяки тестуванню пацієнта та подальшій обробці цих даних.

У результаті було створено інформаційну систему автоматизованого розпізнавання розмитих образів, яка визначає морфологічні параметри клітин крові, що при аналізі результатів розпізнавання знімку крові та тестування дає змогу підтвердити, або спростувати гіпотезу про наявність у пацієнта алергічного захворювання.

Васильєв І. О., к. техн. н. Косухіна О. С.

Дніпродзержинський державний технічний університет

МЕТОДИ СПІЛЬНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ГЕНЕТИЧНОГО ТА АВТОМАТНОГО ПРОГРАМУВАННЯ НА ПРИКЛАДІ ЗАДАЧІ ПОБУДОВИ АВТОПІЛОТА ДЛЯ СПРОЩЕНОЇ МОДЕЛІ ГЕЛІКОПТЕРА

В роботі на прикладі задачі побудови автопілота для спрощеної моделі гелікоптера розглянуто спільне застосування методів генетичного та автоматного програмування.

Потрібно побудувати автопілот для моделі гелікоптера, що переміщується на площині, який за певний час польоту проведе гелікоптер в визначеному порядку через максимальне число міток, що задані зарані. Умовою задачі передбачено, що за один крок гелікоптер може повернутися на деякий фіксований кут та змінити швидкість свого руху, мітки нумеруються, а гелікоптер проходить їх у порядку зростання номерів. Умовою задачі передбачено, що гелікоптер не може пропускати мітки, а, оскільки, час польоту обмежений, то може виникнути ситуація, коли не всі мітки будуть пройдені. Задачею автопілота є провести гелікоптер через максимальне число наперед заданих цілей за певний час у певному порядку.

Кращим буде вважатися автопілот, який провів гелікоптер через якомога більше цілей. Якщо число пройдених цілей буде однаковим для різних автопілотів, то кращим буде вважатися той автопілот, для якого відстань до наступної цілі до моменту завершення польоту буде мінімально.

Модель гелікоптера, використовуючи одержану від навколишнього середовища інформацію, обчислює необхідні їй дані про поточний стан системи і інформацію про положення поточної цілі відносно гелікоптера передає автопілоту в якості вхідних даних. Автопілот проводить аналіз вхідних даних і приймає відповідне рішення. В якості моделі автопілоту в даній роботі використовується скінчений автомат із деяким, наперед заданим числом станів. Для цього простір навколо гелікоптера розбивається на сектора огляду гелікоптера, число яких визначається попередньо. Таким чином на кожній ітерації відповідно до вхідного номеру сектора відбувається перехід між станами автомата і генерація вихідних даних.

Положення гелікоптера у просторі зберігається у вигляді точки з координатами (x_n, y_n) , а швидкість і напрямок руху визначаються вектором швидкості – (V_x, V_y) , тоді швидкість гелікоптера буде визначатися співвідношенням $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$. Модель середовища відповідає за визначення номеру сектора, в якому знаходиться ціль відносно гелікоптера. Для цього обчислюється кут між напрямком руху гелікоптера та напрямком на задану ціль та номер сектору за формулами

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{V_x(y_k - y_h) - V_y(x_k - x_h)}{V_y(y_k - y_h) + V_x(x_k - x_h)}, \quad n = \left(\frac{\alpha/\pi + 1}{2m} \right) + 1, \quad (1)$$

де m – число секторів огляду.

В даній роботі застосовано генетичний алгоритм, що використовує відбір відсіканням, n -точковий оператор схрещування та оператор мутації [1].

Для розв'язання даної задачі побудована програма мовою C#, що реалізована в середовищі Microsoft Visual Studio 2010.

Головне вікно програми являє собою симулятор польоту гвинтокрила, що керується автопілотом. Вікно ділиться на наступні частини: верхня панель меню; панель візуалізації польоту гвинтокрила; блок поточних даних симуляції. Верхня панель меню складається з наступних пунктів: файл; налаштування; побудова автопілоту; симуляція.

Пункт меню «Налаштування» містить в собі підпункт «Параметри», за допомогою якого задаються параметри автопілоту, автомату та генетичного алгоритму. Підпункт «Мітки» відкриває інтерфейс, що дозволяє налаштувати кількість міток та їх положення. Дане вікно містить перелік міток у таблиці та їх зображення на координатній площині. За допомогою відповідних блоків можна додати мітку, видалити, або змінити існуючу. Пункт «Побудова автопілоту» відкриває інтерфейс

для побудови автопілоту для керування гвинтокрилом. При роботі з цим вікном необхідно вибрати алгоритм відновлення зв'язків між станами та натиснути кнопку «Старт». Для знаходження результуючої особи буде згенерована кількість поколінь. В лівій частині вікна генерується список, що складається із найпристосованіших осіб кожного покоління. В правій – їх зображення на графіку. Прогрес побудови відображається у нижній частині вікна. Для запису результуючої особи у конфігураційний файл, необхідно натиснути кнопку «Зберегти». Пункт меню «Симуляція» надає можливість керувати процесом симуляції. За допомогою відповідних підпунктів можна: зобразити початкове положення гелікоптера, запустити симуляцію, призупинити симуляцію. При цьому частина елементів керування перенесена на клавіатуру.

Результати проведених чисельних експериментів представлені в табл. 1. Під результатом експерименту будемо розуміти кількість міток, які пролетів гелікоптер з автопілотом.

Таблиця 1

Кількість секторів	Відновлення зв'язків	Результат		
		Гірший	Середній	Кращий
8	Ні	10.57	13.68	15.02
	Так	13.05	14.63	16.23
6	Ні	10.41	13.47	15.18
	Так	13.11	14.48	16.11
4	Ні	6.21	7.78	9.58
	Так	9.11	9.58	10.47

Аналізуючи представлені результати робимо висновок, що гелікоптер із шістьма секторами огляду показує результат значно ліпший ніж із чотирма. Але, в свою чергу, гелікоптер, що має вісім секторів огляду практично не має переваги над випадком із шістьма секторами. Останнє має місце, через досягнення практично кращої із можливих траєкторій польоту автопілотом, що керує гелікоптером, кількість секторів огляду якого дорівнює шести. Тому подальше збільшення кількості секторів лише збільшує час побудови автопілоту.

Позначимо через i кількість секторів огляду гелікоптера, а через ΔR_i різницю між середніми результатами автопілотів, що побудовані із використанням алгоритму відновлення зв'язків та без. Тоді маємо: $\Delta R_4 = 9.58 - 7.78 = 1.8$, $\Delta R_6 = 14.48 - 13.47 = 1.01$. В обох випадках знайдені величини додатні, отже спостерігається поліпшення результатів при використанні відновлення зв'язків. Також слід відмітити, що більший вплив даний алгоритм має на автопілот із чотирма секторами огляду, аніж з шістьма. Така обернена пропорційність пояснюється тим, що із збільшенням секторів огляду гелікоптера, збільшується кількість переходів між станами кінцевого автомату, а, відповідно, ймовірність знайти невикористаний стан – зменшується. А оскільки робота даного алгоритму

проявляється в пошуку та усуненні невикористаних станів – маємо менший вплив на результат.

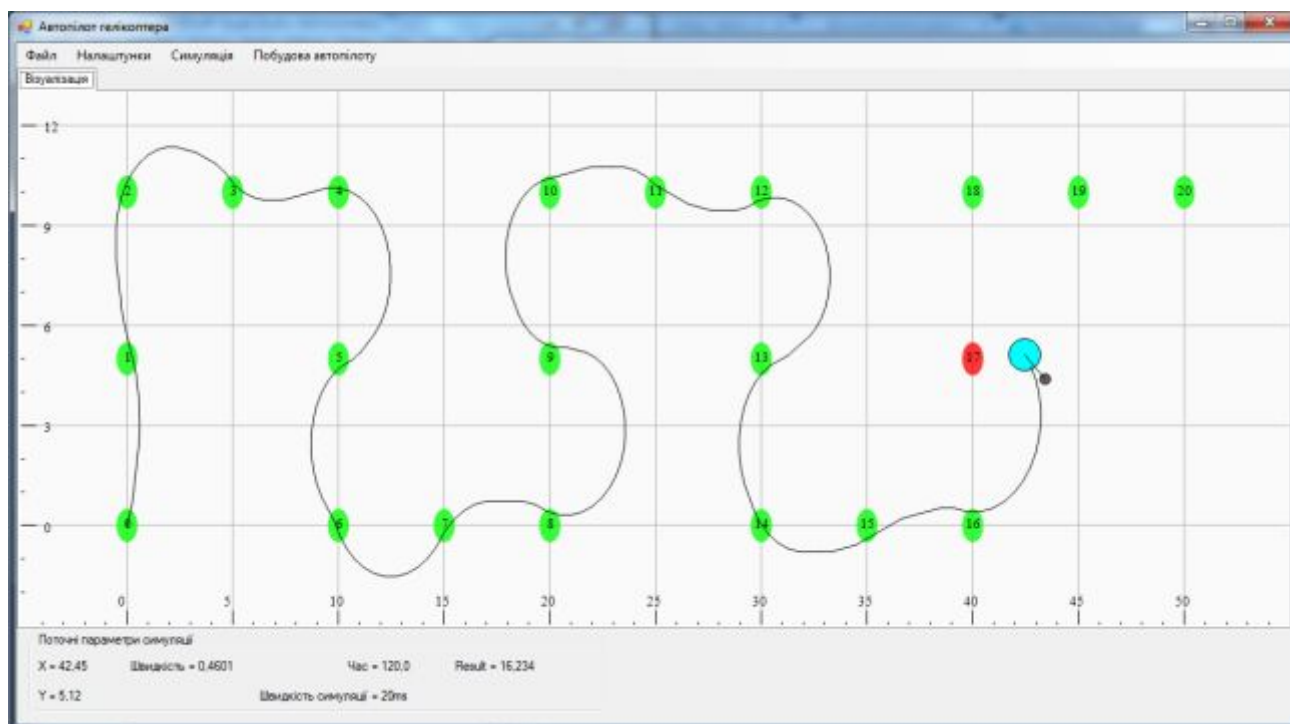


Рис. 1. Траєкторія польоту кращого автопілоту

На рис. 1 зображена траєкторія польоту кращого автопілоту, що має 8 секторів огляду. Експериментально було встановлено, що він пройде всі мітки при збільшенні ліміту часу на 21 одиницю.

Література:

1. Лобанов П. Г. Использование генетических алгоритмов для генерации конечных автоматов : дисс. ... канд. техн. наук / П. Г. Лобанов. – СПб., 2008. – 114 с.

Горюнова Н. С.

Український державний хіміко-технологічний університет

ПЛАНУВАННЯ МАРШРУТУ РУХУ РОБОТА З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Поза сумнівами, робототехніка є природним логічним продовженням техніки як явища. Прагнення автоматизувати будь-яку працю поступово витісняє людину з багатьох сфер його діяльності, надаючи натомість все нові можливості для прикладання зусиль: перегляд кінофільмів, підводні занурення, комп'ютерні ігри і так далі. Частина загальної праці, що витрачається людством на виробництво засобів виробництва, а не кінцевого продукту вжитку, поступово збільшується від 0%, очевидно прагнучи до 100%. Вже зараз зусилля більшості найкращих сучасних

роботів направлені на виробництво інших машин: верстатів, автомобілів, комп'ютерів і так далі.

Робототехніка – це прикладна наука, що займається розробкою автоматизованих технічних систем (роботів). Орієнтована на створення роботів і робототехнічних систем, призначених для автоматизації складних технологічних процесів і операцій, у т. ч. таких, що виконуються в недетермінованих умовах, для заміни людини при виконанні важких, втомливих і небезпечних робіт.

Робототехніка буває будівельною, промисловою, побутовою, авіаційною, екстремальною (військовою, космічною, підводною).

Робот – це автоматичний пристрій, що призначений для виконання виробничих та інших операцій, які зазвичай виконувались безпосередньо людиною. Для опису автоматичних пристроїв дія яких, не має зовнішньої схожості з діями людини.

У більшості випадків сучасні роботи промислового призначення – це «руки», маніпулятори, закріплені на основі і призначені для виконання одноманітної роботи типу складання, переміщення. До роботів також належать мобільні пристрої, що працюють у небезпечних для людини середовищах і керовані дистанційно, наприклад роботи, що працюють у космосі, пристрої військового призначення та ін., а також роботизовані іграшки.

Робот може реалізуватися як керований системою керування електромеханічний, пневматичний, гідравлічний пристрій або їх комбінація, основне призначення якого – заміна людини на виробництві, небезпечних чи шкідливих середовищах, побуті тощо.

Робот може безпосередньо виконувати команди оператора, може працювати по заздальгідь складеній програмі або дотримуватись набору загальних вказівок з використанням технології штучного інтелекту. Ці завдання дозволяють полегшити або зовсім замінити людську працю на виробництві, в будівництві, при роботі з важкими вантажами, шкідливими матеріалами, а також в інших важких або небезпечних для людини умовах.

Для завдань планування траєкторій в недетермінованому середовищі високу ефективність демонструють системи ухвалення рішень з елементами штучного інтелекту.

Останніми роками широке поширення отримало використання нейромережових алгоритмів для вирішення технічних завдань в самих різних галузях науки і техніки, оскільки вони структурно підтримують принципи паралельної обробки сигналів. Рішення задачі планування траєкторій на базі нейронних мереж зазвичай зводять до наступних етапів: формалізація завдання планування; вибір топології мережі; відображення енергетичних взаємодій нейронів в мережі у вигляді нейронної карти (поверхні); розрахунок повної траєкторії у вигляді деякої процедури «сходження» до вершини поверхні (цілі).

У дослідженні розглядається робот, який відноситься до класу побутових роботів. Його задача: знаходячись у відомому йому середовищі, спланувати маршрут обходу перешкод так, щоб якнайшвидше дістатися до заданої цілі.

Перед початком процесу планування маршруту руху робота обов'язково необхідно завантажити у пам'ять робота карту середовища в якому він знаходиться. У дослідженні використовується нейронна карта. За основу цієї карти прийнята мережа Хопфілда.

Для мережі Хопфілда окрім ортогональної топології можна використовувати гексагональну з сім'ю нейронами в нейронній області, тобто 6-у можливими сусідами для кожного нейрона (рис.1) .

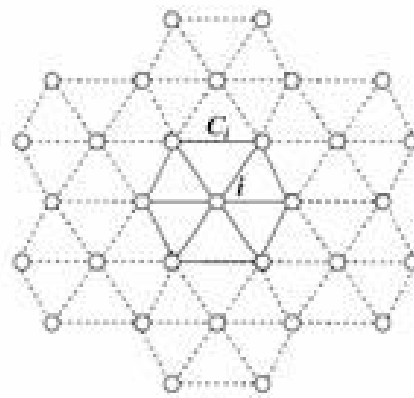


Рис. 1. Гексагональна топологія мережі Хопфілда

Система працює таким чином: координати мети, а також інформація про довкілля поступають на вхід аналогової нейронної мережі Хопфілда. Нейрони мережі входять в стан рівноваги і набувають власних значень енергії (залежно від функції активації). Взаємодії нейронів побудованої мережі обумовлені динамікою і архітектурою самої мережі, а також конфігурацією навколишнього простору і координатами мети, яка є точкою активації. Значення енергії нейронів на даній нейронній області (ландшафт активації) поступають на вхід блоку генератора траєкторії, який, у свою чергу, і виконує розрахунок і планування траєкторії.

Отримані результати можна використовувати для таких задач, які пов'язані з визначенням місцезнаходження робота та слідкуванням за рухом одного робота або групи роботів, які отримують інформацію із зовнішнього джерела.

К. техн. н. Долгополов И. С., Шкляренко Ю. В.

Днепродзержинский государственный технический университет

**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ РАСЧЕТА АГРЕГАТА
ДЛЯ ОБЖИГА КЛИНКЕРА С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ
ЕГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ**

Введение. Сухой способ изготовления клинкера имеет существенное преимущество перед мокрым в том, что расходы теплоты при обжиге уменьшаются до 40%. Недостатком этого способа является усложнение технологии и увеличение технологического оборудования. Но по совокупности технико-экономических показателей сухой способ изготовления клинкера экономичнее мокрого и комбинированного. В современных технологиях производства цемента преобладает сухой способ обжига клинкера. Учитывая объемы производства и оборудование для реализации этой технологии, в современных условиях важным является энергоресурсосбережение в этой области.

Постановка задачи. Значительную помощь в решении поставленной задачи могут оказать математические модели процессов протекающих в этой технологии. Одним из направлений совершенствования этой технологии является сокращение расхода природного газа на процесс. В связи с этим поставлена задача разработать алгоритм и программу для расчета энергоресурсосберегающих технологий обжига клинкера.

Методика решения. Для сокращения природного газа предлагается введение большей доли твердого топлива в шихту. Создана методика расчета технологии обжига с введением угля в шихту. Разработаны алгоритмы и программа для реализации этой технологии на агрегате системы печного агрегата 4,5*80 м, циклонным теплообменником, декарбонизатором и холодильником клинкера. Результаты работы дают возможность сократить расход дорогостоящего природного газа на процесс обжига клинкера и могут быть внедрены в производство.

К. техн. н. Долгополов І. С., Сінютіна Н. М.

Дніпродзержинський державний технічний університет

**РОЗРОБКА АЛГОРИТМІВ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ
ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БІОГАЗОВОЇ УСТАНОВКИ
ДЛЯ ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА**

Вступ. Підвищення ефективності роботи біогазових установок можливо за рахунок детального вивчення теплофізичних, біохімічних та енергетичних процесів, що протікають в біогазових установках та їх взаємозв'язків. Вивчення та розуміння цих процесів можливо за допомогою енергетичного та ексергетичного методів термодинамічного аналізу технологічної схеми виробництва біогазу.

Постановка задачі. Метою роботи є розробка алгоритмів 1) для розрахунків забезпечення біогазом на господарські потреби сім'ї, яка складається з чотирьох осіб фермерського господарства; 2) аналізу енергетичної ефективності технології метанового бродіння біовідходів; 3) термодинамічного аналізу технологічної схеми виробництва біогазу на основі ексергетичного методу.

Методика дослідження. На основі результатів досліджень створено алгоритми 1) для визначення обсягу фермерського господарства, яке забезпечує господарські потреби в енергії, 2) алгоритми енергетичного і ексергетичного аналізу біогазової установки.

Використання цих алгоритмів дозволяє оцінити енергетичну ефективність роботи біогазової установки та забезпечити енергоресурсозбережний режим її роботи.

Висновки. 1. Представлені алгоритми доцільно застосовувати для визначення обсягу фермерського господарства, яке забезпечує господарські потреби в енергії за рахунок власного біогазу. 2. Застосування алгоритмів енергетичного та ексергетичного аналізу біогазової установки дозволяє забезпечити енергоресурсозбережний роботи біогазової установки.

Д. техн. н. Дранишников Л. В., Денисенко В. М., Найверт О. В.

Дніпродзержинський державний технічний університет,

ТОВ НВП «УКРАГРОТЕХ»

**АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА РАННЬОГО ВИЯВЛЕННЯ
ЗАГРОЗИ ВИНИКНЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ
ТА ОПОВІЩЕННЯ НА ТЕРРИТОРІЇ
НЕБЕЗПЕЧНОГО ОБ'ЄКТУ ПІДПРИЄМСТВА**

Система раннього виявлення надзвичайних ситуацій на об'єктах підвищеної небезпеки і програмно-апаратний комплекс з автоматизованим робочим місцем диспетчера-оператора – призначені для оперативного виявлення критичних ситуацій і запобігання їх розвитку на об'єктах підвищеної небезпеки (АЗС, АГЗС, НБ, ГБ, підприємств різних галузей), а також видачі сигналу тривоги персоналу об'єкта, оточуючим і службі ДСНС.

Комплект програмного забезпечення призначений для автоматизації робіт диспетчера при виявленні загрози НС або при виникненні НС, перевірки взаємодії АРМа з приладами, датчиками і апаратурою комплексу СРВО. Забезпечує контроль технічного стану і поведінки датчиків, а також забезпечує ряд статистичних і аналітичних функцій, надає можливість віддаленого доступу (через локальну комп'ютерну мережу або модемну) до інформації, отриманої комплексом АРМ АСРВО «ЕХО» через Сервер БД.

Автоматизована система призначена для вирішення наступних завдань (наприклад нафтобази):

- безперервне автоматичне вимірювання поточних значень параметрів зберігання світлих нафтопродуктів та контроль стану навколишнього середовища на території нафтобази на вміст парів вуглеводнів;

- контроль відповідності поточних (граничних) значень параметрів режимам технологічного процесу;

- автоматичне інформування працюючого персоналу, щодо фактів досягнення докритичних та критичних значень параметрів, які контролюються;

- автоматичне інформування посадових осіб, відповідальних за стан техногенної безпеки на нафтобазі щодо фактів досягнення критичних значень параметрів, які контролюються;

- у разі спрацювання ручних сповіщувачів, автоматично включати зональне оповіщення працюючого персоналу;

- автоматична передача інформації щодо факту досягнення докритичних або критичних значень параметрів, які контролюються, а також щодо спрацювання ручних сповіщувачів з фіксацією в архівному журналі дати і часу надходження цієї інформації та підтвердження оператором (диспетчером) її отримання;

- автоматичне діагностування працездатності основних складових АСРВНСО;

- автоматичне контролювання каналів зв'язку та стану електроживлення;

- виконання за командою оператора (диспетчера) чи автоматично (у разі відсутності реагування оператора (диспетчера)) передачі інформації щодо факту досягнення критичних значень параметрів, які контролюються, або спрацювання ручних сповіщувачів;

- передавання сповіщень до системи централізованого спостереження щодо факту виявлення загрози виникнення або виникнення НС;

- оповіщення персоналу та керівного складу нафтобази, чергових служб територіальних органів ДСНС;

- оповіщення відповідальних посадових осіб підприємств, установ і організацій, населення, що можуть потрапити в зону поширення дії уражальних чинників аварії.

На нафтобазі проектом передбачається влаштування автоматизованої системи, до складу якої входить: система раннього виявлення загрози виникнення надзвичайних ситуацій; система збору, обробки і передачі інформації; автоматизована система оповіщення; автоматизоване робоче місце (АРМ) зі спеціалізованим програмним забезпеченням.

Дранишников Л. В., Становський Ю. А.
Дніпродзержинський державний технічний університет
РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
АІС «ЖИТЛОВЕ-КОМУНАЛЬНЕ ПІДПРИЄМСТВО
М. ДНІПРОДЗЕРЖИНСЬК»

Житлово-комунальне господарство (ЖКГ) – комплекс галузей економіки, що забезпечує функціонування інженерної інфраструктури різних будівель в населених пунктах, що створює зручності і комфортність проживання та перебування в них людей шляхом надання їм широкого спектру послуг. Включає в себе також об'єкти соціальної інфраструктури для обслуговування мешканців.



Рис. 1. Структурно-технологічна таблиця житлово-комунального підприємства

Автоматизована система управління підприємствами житлово-комунального господарства дає принципово нові можливості управління, планування і контролю фінансових потоків – від отримання необхідної інформації до прийняття і контролю за результатами управлінських рішень.

У даній роботі об'єднуються всі функції роботи Житлово-комунального підприємства в єдину БД, для більш ефективного та раціонального використання електронного ресурсу у вигляді БД (рис. 1).

Цю систему можна розділити на наступні частини:

1. Сбір та об'єднання зібраної інформації (надання послуг, функції робітників, контроль виконання та інше).
2. Робота з мешканцями (заявки, жалоби, ведення карток обліку, паспортний стіл, бухгалтерія, тощо).
3. Обслуговування житла (х/в, ц/о, каналізація, утримання житла, прибирання, ремонт).
4. Формування різних видів звітів і довідок (склад сім'ї, заборгованість, нарахування, обслуговування житлового фонду).
5. Контроль за використанням матеріалів.

АІС «Житлово-комунальне підприємство» було розроблено за допомогою мови програмування JAVA. Візуалізацію було створено за допомогою додатку NetBeans. База даних була розроблена у FlameRobin. Звіти та іншу документацію до проекту розроблено за допомогою Ireport.

Єгоров С. О.

Дніпродзержинський державний технічний університет

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ТЕСТУВАННЯ WEB-ФОРМ З ЗАСТОСУВАННЯМ МЕТОДИКИ PAIRWISE TESTING

Попарне тестування або попарний аналіз (англ. Pairwise testing) – це сучасна й ефективна методика тестування, заснована на тому припущенні, що більшість дефектів виникає при взаємодії не більше двох факторів.

Припустимо, що потрібно протестувати систему з великим числом параметрів, які впливають на її роботу. Яскравим прикладом такого роду може бути конфігураційне тестування: наприклад перевірка роботи системи під різними операційними системами або робота сайту в різних браузерах. Хто знає, яке поєднання параметрів призведе до збою? Кожен тестувальник знає, що всі комбінації не перевірити. Наприклад, для перевірки всіх сполучень 10 параметрів з 10 значеннями кожен, необхідно буде 10 мільярдів тестів, у той час як метод перебору пар дозволяє реалізувати порівняння за якістю тестування (враховуючи кількість і критичність знайдених в помилок) використовуючи всього 177 тестів.

Метод парного тестування заснований на досить простій, але від того не менш ефективній ідеї, що переважна більшість багів виявляється тестом, перевіряючим один параметр, або поєднання двох. Помилки, причиною яких ствили комбінації трьох і більше параметрів як правило значно менш критичні, ніж пари параметрів і тим більше одного.

Перебрати всі пари немає потреби. Труднощі полягають в тому, щоб забезпечити при цьому мінімум тестів, комбінуючи перевірки декількох пар в одному тесті. Для цього використовуються оптимізація ортогональних матриць.

Ортогональний масив (ортогональна таблиця) – це таблиця, яка має наступні властивості:

- Будь-які два стовпці таблиці містять всі комбінації значень цих стовпців.
- Якщо яка-небудь пара значень двох стовпців зустрічається кілька разів, то всі можливі парні комбінації значень цих стовпців повинні зустрітися стільки ж разів.
- У ортогональних масивах необов'язково всі стовпці повинні мати однакову кількість значень. Існують так звані змішані ортогональні масиви.

Для тестування з використанням ортогональних масивів виконують наступні кроки:

- Визначають змінні для вхідних даних в комбінаціях. Наприклад, це можуть бути назви опцій, параметрів налаштувань, допустимих конфігурацій устаткування і т.п.
- Визначають значення, які можуть приймати змінні. Наприклад, конкретні назви пунктів меню, числові значення, назви операційних систем або баз даних тощо.
- Будують ортогональний масив, який має стовпець для кожної змінної.

Кожен рядок побудованого масиву інтерпретується як одна комбінація значень змінних для одного тестового випадку.

Оптимізація навіть малого набору параметрів не така проста як могла б здатися. При цьому складність завдання зростає пропорційно зростанню числа параметрів.

Тому для підвищення швидкості та точності тестування WEB-форм встало питання створення автоматизованої системи тестування WEB-форм з застосуванням методики Pairwise testing.

К. техн. н. Жульковский О. А., к. техн. н. Жульковская И. И., Шаганенко Р. Г.
Днепродзержинский государственный технический университет
ОБРАБОТКА СУБНОРМАЛЬНЫХ ЧИСЕЛ IEEE-СТАНДАРТА

Большинство компьютерных вычислений проводится в арифметике с плавающей запятой, где ошибки неизбежны. Известны случаи, когда вычислительные ошибки приводили к техногенным катастрофам и авариям с колоссальными убытками и человеческими жертвами.

Наиболее часто используется представление действительных чисел в виде двоичных чисел с плавающей запятой, описанное в стандарте *IEEE 754 (IEEE Standard for Binary Floating-Point Arithmetic, ANSI/IEEE Std 754-1985)*.

Не все действительные числа представимы, поэтому большинство вычислений с числами с плавающей запятой являются приближенными. Расчеты с погрешностью приводят к накоплению промежуточных ошибок вычислений, которые в определенных задачах могут полностью исказить достоверность окончательных результатов.

Известные работы, посвященные обзору и анализу стандарта *IEEE 754*, к сожалению, не содержат описания актуального алгоритма вычисления граничных значений числовой информации в формате с плавающей запятой.

Перед данным исследованием ставилась задача рассмотрения особенностей представления, а также вычисления граничных (максимальных и минимальных) значений субнормальных чисел в стандарте *IEEE 754*.

В работе описано машинное представление и особенности использования субнормальных чисел в стандарте *IEEE 754*. Получены формулы для вычисления и рассчитаны граничные значения (максимальные и минимальные) субнормальных чисел в десятичной системе счисления для различных форматов. Показано, что использование субнормальных чисел, существенно замедляет работу всех современных процессоров. Очевидный выход из сложившейся ситуации, когда предлагаемая субнормальными числами точность не является необходимой, – их программное обнуление.

**К. техн. н. Жульковская И. И., к. техн. н. Жульковский О. А.,
Николаенко Ю. В.**

Днепродзержинский государственный технический университет
**ОСОБЕННОСТИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ГРАНИЧНЫХ ЗНАЧЕНИЙ
ЧИСЛОВЫХ ДАННЫХ В ФОРМАТЕ С ПЛАВАЮЩЕЙ ЗАПЯТОЙ**

Нарастание масштабов вычислений и задействованных при этом ресурсов ЭВМ, а также постоянно растущие требования к точности результатов теоретических исследований (математического моделирования) и проектирования сложных

технологических систем и процессов повышает значимость проблемы машинного представления и хранения числовой информации в современных ЭВМ (в том числе и персональных компьютерах).

Численное решение большинства практических задач сопряжено, главным образом, с выполнением операций над действительными (вещественными) числами или так называемыми числами с плавающей запятой (точкой).

Ограничение доступности существующих стандартов *IEEE* не могло не сказаться на компетентности постановки вычислительных задач и достоверности результатов численного экспериментирования.

Целью настоящего исследования является рассмотрение особенностей представления, а также вычисление граничных (максимальных и минимальных) значений числовых данных в стандарте *IEEE 754*.

В работе описано машинное представление и хранение граничных (максимальных и минимальных) значений чисел с плавающей запятой в стандарте *IEEE 754*. Получены формулы для вычисления и рассчитаны граничные значения в десятичной системе счисления для различных форматов этого стандарта.

Так как действительные числа – это бесконечное множество, в то время как их машинная реализация числами с плавающей запятой представляет собой конечное множество, то для создания корректных программ, а также минимизации ошибок вычислений, важно понимать особенности представления и хранения в ЭВМ граничных значений таких чисел.

Луковський І. В.

Дніпродзержинський державний технічний університет

**ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ГЕОПОЗИЦІЮВАННЯ
В ЗАКРИТОМУ СЕРЕДОВИЩІ**

Майже кожна людина не уявляє своє життя чи то без телефону, чи планшету. Мобільні системи стають все складнішими, багатофункціональними.

Також розвивається суспільство, взаємовідносини в суспільстві, ростуть міста, а як ми знаємо у великих містах завжди виникає багато різноманітних подій, а саме: наукова конференція, відкрита лекція в університеті, концерт популярної музикальної групи тощо. Завжди на якихось подіях ми заводимо нові знайомства, або хочемо познайомитись з конкретними цікавими людьми, представниками різних компаній та так інше, але, наприклад, на наукову конференцію запрошується багато людей, і не всі мають змогу прийти, тому не відомо чи є певна людина, або представник певної компанії. Тому повстало питання створення android-додатку «Візитка». В даній науково-дослідницькій роботі було досліджено, методи та прийоми геопозиціювання, які надає компанія Google у своїй операційній системі OS ANDROID. Також було досліджено на прикладі

визначання місцезнаходження і порівняння його с даними о місцезнаходженні події та визначення чи присутня людина на події, якщо знаходиться у конкретному координатному радіусі.

С точки зору технічного виконання було здійснено, за допомогою драйверу JDBC, підключення до СУБД MS SQL SERVER android-додатку.

Було обрано саме цю тему науково-дослідницької роботи, тому що вона цікава, актуальна, так як кожна людина на сьогоднішній день не уявляє свого життя без гаджета у кишені, а цей android-додаток зробить пошук потрібних людей в конкретній події більш швидким, так як технології розвиваються також потрібно виводити знайомства і спілкування людей на новий рівень. Також поки ця ідея немає аналогів у світі, і було цікаво втілити це у життя.

К. техн. н. Полиский Ю. Д.

*Научно-исследовательский институт автоматизации черной металлургии
(НИИАчермет), г. Днепропетровск*

ВЫБОР КРИТЕРИЯ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ЧИСЛА ДАННОЙ ПОЛОВИНЕ ДИАПАЗОНА В СИСТЕМЕ ОСТАТОЧНЫХ КЛАССОВ

Достоинства системы остаточных классов (СОК) позволяют рассматривать вычисления в СОК как перспективную технологию построения эффективных вычислительных структур. Однако в настоящее время широкое их использование сдерживается рядом причин, одной из которых является проблема немодульных операций. Между немодульными операциями существуют определенные взаимосвязи [1]. Поэтому, получив решение одной из них, можно найти решения остальных. Результаты исследований быстродействия и сложности немодульных операций СОК показали [2], что такой базовой операцией является определение принадлежности числа данной половине диапазона.

Пусть $m_1, m_2, \dots, m_n = 2$ система модулей СОК. Будем отличать числа первой $R1$ и второй $R2$ половины диапазона $M = \prod_{i=1}^n m_i$.

$$N \in \begin{cases} R1, 0 \leq N < \frac{M}{2}, \\ R2, \frac{M}{2} \leq N < M. \end{cases}$$

Пусть системой оснований полиадического кода также является система $m_1, m_2, \dots, m_n = 2$. Тогда число N в полиадическом коде представляется в виде $N = \pi_1 + \pi_2 m_1 + \dots + \pi_n m_1 m_2 \dots m_{n-1}$, $0 \leq \pi_i \leq m_i - 1$, где π_i – позиционная характе-

ристика i -го разряда числа N . Ниже показано, что критерием принадлежности числа данной половине диапазона служит значение π_n .

Пусть $N \in R1$. Тогда нижнее значение $N_{R1}^i = 0$, верхнее значение $N_{R1}^{\hat{a}} = \frac{M}{2} - 1$. Для $N_{R1}^i = 0$ все $\pi_i = 0, i = 1, 2, \dots, n$, следовательно $\pi_n = 0$.

$$\text{Для } N_{R1}^{\hat{a}} = \frac{M}{2} - 1 \quad \pi_n = \frac{N_{R1}^{\hat{a}} - (\pi_1 + \pi_2 m_1 + \dots + \pi_{n-1} m_1 m_2 \dots m_{n-2})}{m_1 m_2 \dots m_{n-1}}.$$

Пусть $\pi_1 = m_1 - 1, \pi_2 = m_2 - 1, \dots, \pi_{n-1} = m_{n-1} - 1$. Тогда $\pi_n = 0$.

Пусть $N \in R2$. Тогда нижнее значение $N_{R2}^i = \frac{M}{2}$, верхнее значение

$$N_{R2}^{\hat{a}} = M - 1. \text{ Для } N_{R2}^i = \frac{M}{2}$$

$$\begin{aligned} \pi_n &= \frac{N_{R2}^i - (\pi_1 + \pi_2 m_1 + \dots + \pi_{n-1} m_1 m_2 \dots m_{n-2})}{m_1 m_2 \dots m_{n-1}} = \\ &= \frac{m_1 m_2 \dots m_{n-1} - (\pi_1 + \pi_2 m_1 + \dots + \pi_{n-1} m_1 m_2 \dots m_{n-2})}{m_1 m_2 \dots m_{n-1}}. \end{aligned}$$

При $\pi_i = 0, i = 1, 2, \dots, n-1$ $\pi_n = 1$. Для $N_{R2}^{\hat{a}} = M - 1$

$$\begin{aligned} \pi_n &= \frac{N_{R2}^{\hat{a}} - (\pi_1 + \pi_2 m_1 + \dots + \pi_{n-1} m_1 m_2 \dots m_{n-2})}{m_1 m_2 \dots m_{n-1}} = \\ &= \frac{m_1 m_2 \dots m_{n-1} - (\pi_1 + \pi_2 m_1 + \dots + \pi_{n-1} m_1 m_2 \dots m_{n-2})}{m_1 m_2 \dots m_{n-1}}. \end{aligned}$$

Пусть $\pi_1 = m_1 - 1, \pi_2 = m_2 - 1, \dots, \pi_{n-1} = m_{n-1} - 1$. Тогда $\pi_n = m_n - 1 = 1$.

Таким образом, $N \in \begin{cases} R1, \pi_n = 0, \\ R2, \pi_n = 1 \end{cases}$.

Литература:

1. Полисский Ю. Д. О взаимосвязи немодульных операций в системе остаточных классов / Ю. Д. Полисский // Математичне моделювання. – 2014. – №2 (31). – С. 3–6.
2. Полисский Ю. Д. Алгоритм выполнения сложных операций в системе остаточных классов с помощью представления чисел в обратных кодах / Ю. Д. Полисский // Электронное моделирование. – 2014. – Т. 36, №4. – С. 117–123.

К. техн. н. Полисский Ю. Д.

Научно-исследовательский институт автоматизации черной металлургии
(НИИАчермет), г. Днепропетровск

ВЫПОЛНЕНИЕ НЕМОДУЛЬНОЙ ОПЕРАЦИИ ДЕЛЕНИЯ НА ДВА В СИСТЕМЕ ОСТАТОЧНЫХ КЛАССОВ

Представление данных в системе остаточных классов является в настоящее время одним из эффективных направлений повышения производительности вычислительных структур и надежности вычислений. При этом трудности возникают при выполнении немодульных операций, одной из которых является деление на два

Модули			Числа
3	5	2	
Позиционная характеристика Остаток			
0 0	0 0	0 0	0
		1 1	15
	1 3	0 1	3
		1 0	18
	2 1	0 0	6
		1 1	21
	3 4	0 1	9
		1 0	24
	4 2	0 0	12
		1 1	27
1 1	0 1	0 1	1
		1 0	16
	1 4	0 0	4
		1 1	19
	2 2	0 1	7
		1 0	22
	3 0	0 0	10
		1 1	25
	4 3	0 1	13
		1 0	28
2 2	0 2	0 0	2
		1 1	17
	1 0	0 1	5
		1 0	20
	2 3	0 0	8
		1 1	13
	3 1	0 1	11
		1 0	26
	4 4	0 0	14
		1 1	29

Рис. 1. Граф полиадического кода

Пусть в системе с основаниями $m_1, m_2, \dots, m_n = 2$ даны два числа $N_1 = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$ и $N_2 = 2 = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)$ и пусть $E = (\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n)$ – частное от деления N_1 на N_2 . Тогда, если деление точно выполнимо, т.е. N_1 кратно N_2 , то все остатки частного, кроме остатка по модулю m_n , определяются формальным делением остатков α_i на остатки β_i , т.е. $\varepsilon_i = \frac{\alpha_i}{\beta_i} \pmod{m_i}$. Для модуля m_n имеем неопределенность $\frac{0}{0}$, которую требуется раскрыть.

Пусть системой оснований полиадического кода также является система $m_1, m_2, \dots, m_n = 2$. Тогда число E в полиадическом коде представляется в виде $E = \pi_1 + \pi_2 m_1 + \dots + \pi_n m_1 m_2 \dots m_{n-1}$, $0 \leq \pi_i \leq m_i - 1$, где π_i – позиционная характеристика i -го разряда числа E . Граф полиадического кода числа для $m_1 = 3, m_2 = 5, m_3 = 2$ представлен на рис. 1. Поскольку $0 \leq N_1 < M$, $M = m_1 m_2 \dots m_n$, то $0 \leq E = \frac{N_1}{2} < \frac{M}{2}$, т.е. E – число первой половины. Как показано в [1] для чисел первой половины $\pi_n = 0$. Тогда $\varepsilon_n = (\pi_1 + \pi_2 + \dots + \pi_{n-1}) \pmod{m_n = 2}$. Отсюда алгоритм решения состоит в итеративном определении и вычитании $\pi_i, i = 1, 2, \dots, n-1$. Поскольку $(\delta_1 + \delta_2) \pmod{2} = (\delta_1 - \delta_2) \pmod{2}$, в n -ом разряде числа E оказывается записанным значение ε_n .

Литература:

1. Полисский Ю. Д. Выбор критерия принадлежности числа данной половине диапазона в системе остаточных классов / Ю. Д. Полисский // Проблемы математического моделирования : материалы Всеукр. наук.-метод. конф., 27–29 трав. 2015 р. – Дніпропетровськ, 2015. – С. 91–92.

К. техн. н. Полисский Ю. Д.

*Научно-исследовательский институт автоматизации черной металлургии
(НИИАчермет), г. Днепрпетровск*

ОБ УСКОРЕНИИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ЧИСЛА ДАННОЙ ПОЛОВИНЕ ДИАПАЗОНА В СИСТЕМЕ ОСТАТОЧНЫХ КЛАССОВ

Исследование немодульных операций системы остаточных классов (СОК) показало, что между этими операциями имеются определённые взаимосвязи [1].

Пусть $m_1, m_2, \dots, m_n = 2$ – система модулей СОК. Тогда числа первой R_1 и второй R_2 половины диапазона $M = \prod_{i=1}^n m_i$ определяются как

$$N \in \begin{cases} R1, 0 \leq N < \frac{M}{2}, \\ R2, \frac{M}{2} \leq N < M. \end{cases}$$

В [1] показано также, что в качестве базовой целесообразно принять операцию определения принадлежности числа данной половине диапазона.

Для той же системы оснований $m_1, m_2, \dots, m_n = 2$ число в полиадическом коде представляется, как $N = \pi_1 + \pi_2 m_1 + \dots + \pi_n m_1 m_2 \dots m_{n-1}$, $0 \leq \pi_i \leq m_i - 1$, где π_i – позиционная характеристика i -го разряда числа N . В соответствии с [2] критерием принадлежности числа данной половине диапазона служит значение π_n ,

$$N \in \begin{cases} R1, \pi_n = 0, \\ R2, \pi_n = 1. \end{cases}$$

Определение π_n осуществляется путём последовательного вычитания из числа $N = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$, $\alpha_i = N \pmod{m_i}$ слагаемых представления этого числа в полиадическом коде, начиная с модуля m_1 , до получения $\tilde{N} = (0, 0, \dots, 0, \tilde{\alpha}_n)$.

При этом $\pi_t = \frac{\tilde{\alpha}_t}{m_1 m_2 \dots m_{t-1}} \pmod{t}$, а константы вычитания

$\Delta_s = (\pi_t \cdot m_1 m_2 \dots m_{t-1}) \pmod{s}$, $s = t, t+1, \dots, n$. При фиксированной упорядоченности $m_1, m_2, \dots, m_n = 2$ можно составить таблицы предварительно рассчитанных констант, что сократит время определения π_i .

Вместе с тем среди чисел диапазона $m_1 m_2 \dots m_{n-1}$ имеются числа, кратные одному или нескольким модулям. Например, для системы модулей $m_1 = 3, m_2 = 5, m_3 = 7$ из 105 чисел диапазона $m_1 m_2 m_3$ таких чисел 57. Если отказаться от фиксированной упорядоченности всех модулей, кроме $m_n = 2$, то представляется целесообразным следующий подход. На каждой итерации осуществляется переупорядочение модулей таким образом, чтобы их последовательность начиналась с модулей, для которых $\alpha_i = 0$. При этом достигается некоторый выигрыш во времени, поскольку определение позиционных характеристик числа по этим модулям не требуется, так как они равны нулю. Однако для получения констант вычитания по остальным модулям вместо выборки из таблиц предварительно рассчитанных констант потребуется выполнение рассмотренных

выше вычислений $\pi_t = \frac{\tilde{\alpha}_t}{m_1 m_2 \dots m_{t-1}} \pmod{t}$ и $\Delta_s = (\pi_t \cdot m_1 m_2 \dots m_{t-1}) \pmod{s}$,

$s = t, t+1, \dots, n$. Поэтому предложенный подход требует последующих исследований, в связи с чем его следует рассматривать как одно из направлений ускорения определения принадлежности числа данной половине диапазона.

Литература:

1. Полисский Ю. Д. О взаимосвязи немодульных операций в системе остаточных классов / Ю. Д. Полисский // Математичне моделювання. – 2014. – №2 (31). – С. 3–6.
2. Полисский Ю. Д. Выбор критерия принадлежности числа данной половине диапазона в системе остаточных классов / Ю. Д. Полисский // Проблеми математичного моделювання : матеріали Всеукр. наук.-метод. конф., 27–29 трав. 2015 р. – Дніпропетровськ, 2015. – С. 91–92.

Поторянська В. А.

Дніпропетровський національний університет

РОЗРОБКА ОБЛІКУ ТА ФОРМУВАННЯ ЗВІТНОСТІ ВІДДІЛУ КАДРІВ

Робота відділу кадрів завжди була тісно пов'язана з базами даних, в яких знаходяться відомості про співробітників та роботодавців. Але якщо ще досить недавно всі свідчення зберігались у паперовому вигляді і були незручними та займали багато місця, то в наш час комп'ютерні програми зробили роботу з великим обсягом даних легкою, швидкою та зручною. Отже, програмістами створюються програми, які дозволяють працювати з базами, в яких може знаходитися купа інформації. А для більш зручного доступу до цих даних були створені мови запитів, які дозволяють вибирати та обробляти потрібні відомості без зайвого клопоту та без втрати часу.

Однією з головних задач програмістів баз даних являється розробка доступу до інформації, що зберігається у базі. Сьогодні найчастіше використовуються реляційні бази даних. В них дані зберігаються у вигляді двовимірних таблиць. Отже, програмістам необхідно розробити таку програму, якою було б легко користуватися, яка б виконувала необхідні для роботи відділу кадрів запити та виводила результати цих запитів у вигляді, зручному для користувачів. Існує досить багато таких програм, з якими можна ознайомитися за певну плату. Але незважаючи на це, необхідність у розробці та покращенні програм, що створені для роботи з базою даних, не зникає.

Для того, щоб створити власний програмний продукт, необхідно дослідити і знати загальні вимоги щодо програм обліку даних. Наведемо їх:

- цілісність бази даних;
- багаторазове використання даних;
- швидкий пошук і отримання інформації по запитам користувачів;
- простота оновлення даних;
- зменшення надлишкових даних;
- захист даних від несанкціонованого доступу та винищення.

При розробці та тестуванні нашої програми для роботи з базою даних ми дотримувались цих вимог. Можна виділити основні відмінності нашої програми:

- дозволяє працювати з базою даних співробітників (в нашому випадку це робітники сфери освіти);
- оформлення інтерфейсу для зручності у користуванні;
- можливість формувати динамічні запити;
- зручний пошук за багатьма критеріями (за ім'ям, прізвищем, віком, статусом, особливими відмітками та іншими критеріями);
- додавання даних до бази (факультетів, кафедр, посад, працівників та ін.);
- можливість роздрукувати таблицю з даними;
- можливість зберегти у текстовий файл таблицю з даними;
- видалення даних щодо факультету, кафедри, посади або працівника.

Для реалізації та опису основних функціональних вимог та запитів ми використовували мову запитів SQL.

Основними запитами, які ми використовували, були запити на вибірку, додавання та видалення даних. В програмі реалізовано як більш прості запити, так і запити з більш складною структурою, наприклад такі, що використовують для формування звіту дані з декількох різних таблиць.

Ми створили базу, що містить понад десять таблиць, майже кожна з яких має більше п'яти стовпців та занесли в нашу базу близько п'ятдесяти записів у кожену таблицю для подальшого тестування. Ми зробили перевірку на коректність всіх даних, що користувач вводить самостійно та розробили систему повідомлення користувача про успішну або неуспішну дію (пошук не дав результатів, дані введені некоректно, додавання до таблиці пройшло успішно та ін.).

Система динамічних запитів та формування динамічних звітів дозволяє швидко та зручно знайти необхідну інформацію, продивитись її у вигляді таблиці та при необхідності зберегти у файл або роздрукувати для подальшої роботи з нею.

При подальшій роботі над нашою програмою ми плануємо розробити різнорівневий доступ до бази даних: користувач, який може лише продивлятися занесені до таблиці дані, користувач, який може також додавати, видаляти дані до бази та адміністратор, що може працювати з кодом програми та покращувати її роботу. Також планується зробити значне розширення бази шляхом додавання нових таблиць та формування нових запитів, у тому числі й запитів іншого формату, які ще не були використані, але їх робота зможе суттєво покращити програму. Буде зроблено аналіз бази даних, вже існуючих запитів та можливо будуть внесені зміни до коду.

Майже кожна програма, що працює з базою даних, потребує роботи з нею по комп'ютерній сіті, тож ми плануємо розробити в нашій програмі таку можливість. Крім того, планується розробити ведення журналу, в якому будуть знаходитися відомості щодо того, хто, коли і що робив з базою даних, які дії з таблицями були виконані і т.д. Адміністратор зможе працювати з цим журналом як з окремою

базою даних. Для виведення записів з журналу будуть формуватися запити, результат яких можна буде переглянути у вигляді таблиці та роздрукувати або зберегти у файл за необхідністю. Проти несанкціонованого доступу до бази даних буде введена система логінів та паролів.

Буде проведено тестування програмного продукту, в ході якого ми виявимо недоліки або помилки, якщо вони будуть та виправимо їх. Також зробимо роботу з програмою зручною та легкою.

Наш програмний продукт можуть використовувати робітники відділу кадрів будь-якої організації, підключивши свою базу даних. Але найбільш оптимально програма буде працювати саме з базою даних робітників сфери освіти, бо була розроблена згідно з вимогами до запитів про співробітників вищого навчального закладу.

Скачко А. С., к. техн. н. Белькова А. И., к. техн. н. Гринько А.Ю.

Институт черной металлургии им. З. И. Некрасова НАН Украины,

г. Днепропетровск

РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЕВ И СООТНОШЕНИЙ ДЛЯ ОПИСАНИЯ УСЛОВИЙ СОГЛАСОВАНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО И ШЛАКОВОГО РАСПЛАВОВ В ГОРНЕ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ

Доменный процесс характеризуется протеканием сложных физико-химических процессов превращения материалов, а также их взаимодействия в высокотемпературных условиях плавки. Активности и коэффициенты распределения элементов являются основными термодинамическими параметрами, определяющими эффективность и степень завершенности ионообменных процессов в системе «металл-шлак».

В Институте черной металлургии моделирование процессов взаимодействия в системе «чугун-шлак» осуществляется с использованием методики физико-химического моделирования структуры и свойств расплавов с позиций кооперативного ионообменного процесса, учитывающего роль и влияние параметров межатомного взаимодействия [1]. Для прогнозирования результатов распределения элементов между чугуном и шлаком в горне доменной печи используются активности элементов металлических ($a_{[X]}$) и шлаковых систем ($a_{(X)}$), которые вычисляются по разработанным моделям [2]:

$$a_{[X]} = C_{[X]} \cdot 10^{1.21 \cdot (\rho_{l[X]} + Z^Y \cdot Z_{0[X]}^Y) - 5.64} \quad (1)$$

$$a_{(X)} = C_{(X)} \cdot 10^{3.1 \cdot (\rho_{l(X)} + Z^Y \cdot Z_{0(X)}^Y) - 18.16}, \quad (2)$$

где Z^Y - химический эквивалент, суммирующий данные об эффективных зарядах всех компонентов металлического или шлакового расплава; $\rho l_{[X]}, \rho l_{(X)}$ - средняя зарядовая плотность элемента в металлическом или шлаковом расплаве; $Z_{O_{[X]}}^Y$, $Z_{O_{(X)}}^Y$ - зарядовое состояние элемента X в расплаве чистого компонента, $C_{[X]}, C_{(X)}$ - концентрация соединения в расплаве.

На основе методики расчета активностей компонентов для оценки термодинамического состояния системы «чугун-шлак» разработан физико-химический критерий в виде отношения активностей кремния в чугуне и кремнезема в шлаке $a_{[Si]}/a_{(SiO_2)}$ [2]. Оптимальные пределы этого критерия обеспечивающие требуемый уровень содержания кремния и серы в чугуне, устанавливаются для конкретных условий работы печи. Так, для условий работы ДПМ№9 ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» изменение указанного соотношения в пределах от 60 до 100 соответствует выпускам чугуна с содержанием серы и кремния: $0.6 \leq [Si] \leq 0.9; [S] \leq 0.03$ (рис. 1). При этом коэффициенты распределения кремния и серы, соответствующие требованию качества, изменяются в следующих пределах: $45 \leq L_{Si} \leq 65$ (рис. 2), $L_S > 40$.

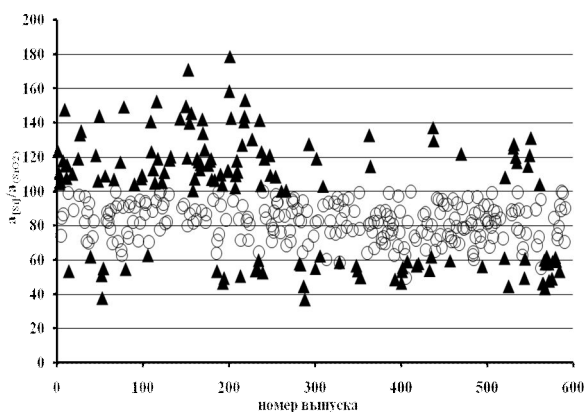


Рис. 1. Значения $a_{[Si]}/a_{(SiO_2)}$ для выборки данных текущих выпусков:
 о – «хорошие выпуски с содержанием кремния и серы: $0.6 \leq [Si] \leq 0.9; [S] \leq 0.03$

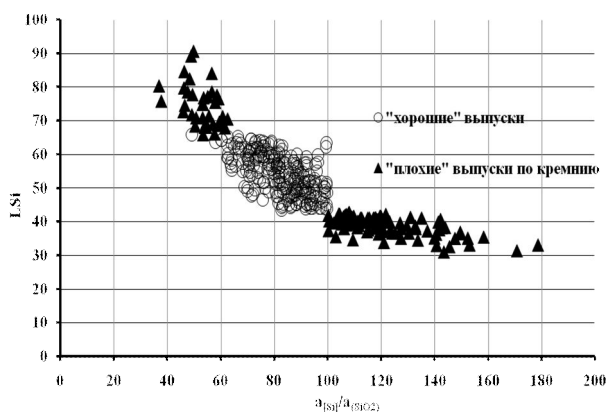


Рис. 2. Использование отношения $a_{[Si]}/a_{(SiO_2)}$ в качестве критерия качества чугуна по содержанию кремния в чугуне

В процессе ионообменного взаимодействия чугуна и шлака в горне доменной печи формируется окончательный состав продуктов плавки, зависящий как от термодинамических закономерностей протекающих процессов на границе раздела фаз, так и от температурного режима плавки. При этом составы чугуна и шлака изменяются согласованно, о чем свидетельствует установленная существенная связь между характеристиками чугуна $Z_{\text{ч}}^Y$ и шлака $\Delta e, \rho$ и $Z_{\text{ш}}^Y$ (Δe - химический эквивалент состава шлака, характеризующий средневзвешенное количество элект-

ронов в связи катион-анион; ρ – показатель стехиометрии шлака (аналог основности), определяющий отношение числа катионов к числу анионов, $Z_{ш}^Y$ рассчитывается по модели металлического расплава) [1], которые в интегральном виде учитывают влияние каждого компонента комплексной системы «металл-шлак» на процессы взаимодействия между ними. Так, например, условие согласования химических составов расплавов в горне доменной печи по данным выпусков ДП№9 ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» описывается уравнением [3]:

$$\frac{Z_{ч}^Y}{Z_{ш}^Y} = 0,68 - 0,516 \frac{\rho}{\Delta e} + 0,00016 \tilde{T}_{\phi 3}, \quad (3)$$

где $\tilde{T}_{\phi 3}$ – расчетный показатель для оценки теплового состояния низа печи, учитывающий температуру чугуна и теоретическую температуру горения кокса в горне печи.

Аналогичные зависимости в виде отношения $Z_{ч}^Y / Z_{ш}^Y = f(\rho, \Delta e)$ установлены для условий работы других доменных печей Украины и России, что позволяет оценивать термодинамическое состояние системы «металл-шлак» в горне доменной печи.

Разработанные физико-химические критерии и соотношения программно реализованы в автоматизированной системе контроля и управления шлаковым режимом доменной плавки [3] и используются для прогнозирования и оптимизации процессов распределения элементов в системе «чугун-шлак» с целью направленного формирования качества продуктов плавки.

Литература:

1. Тогобицкая Д. Н. Система «металл–шлак» как объект моделирования / Д. Н. Тогобицкая, Э. В. Приходько // *Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии*. – К. : Наук. думка, 1998. – С. 98-104.
2. Гринько А. Ю. Разработка критерия оценки термодинамического состояния системы «чугун-шлак» / А. Ю. Гринько, Д. Н. Тогобицкая, А. И. Белькова // *Системні технології: Міжрегіон. міжвуз. зб. наук. праць*. – Дніпропетровськ, 2010. – Вип. 3(68). – С. 79–83.
3. Тогобицкая Д. Н. Развитие физико–химических основ системы управления шлаковым режимом доменной плавки на основе описания термодинамического согласования расплавов в горне доменной печи / Д. Н. Тогобицкая, А. И. Белькова, А. Ю. Гринько // *Сб. научн. тр. ИЧМ «Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии»*. – Днепропетровск, 2011. – Вып. 23. – С. 97–105.

Д. техн. н. Тогобицкая Д. Н., Бабаченко А. И., Козачек А. С.,
Кононенко А. А., Головки Л. А.

Институт черной металлургии им. З.И. Некрасова, г. Днепропетровск

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОЛЕСНОЙ СТАЛИ НА ОСНОВЕ ПАРАМЕТРОВ МЕЖАТОМНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С УЧЕТОМ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ОБРАБОТКИ

Использование современных информационных технологий является эффективным средством решения задач оптимизации качества металлопродукции целевого назначения.

Развиваемая в ИЧМ НАН Украины методология создания и практического использования информационно-аналитических систем [1] на основе баз данных, моделей шлаковых и металлических расплавов обеспечивает многоплановый поиск оптимальных решений. Наряду с актуализацией базы данных «Металл» нами проанализированы данные о химическом составе и технологических свойствах колесных марок сталей (КП-Т и КП-2 ПАО «ИНТЕРПАЙП НТЗ»). На рис. 1 представлены зависимости предела прочности (σ_B) и относительного удлинения (δ) от показателя химического эквивалента состава, суммирующего расчетную информацию об эффективных зарядах компонентов – Z^Y и структурного параметра – d [2] с учетом режимов термической обработки.

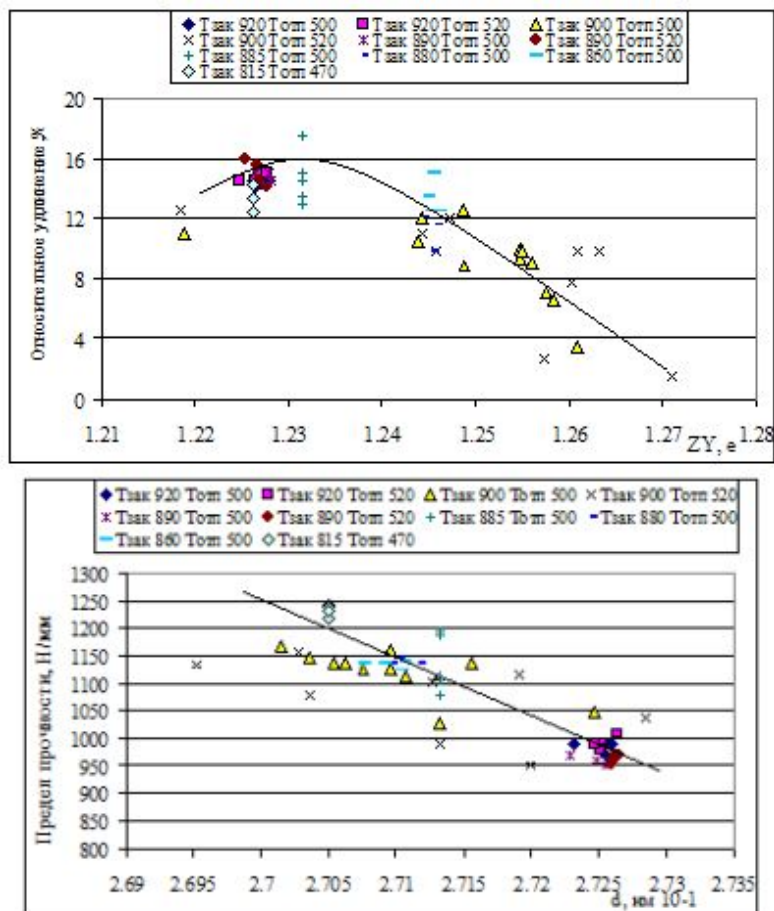


Рис. 1. Зависимость механических свойств колесных сталей от их химического состава с учетом режимов термической обработки

Учитывая высокую корреляционную связь механических свойств, с параметрами межзатомного взаимодействия и режимом термической обработки, предложены прогнозные модели для прогнозирования комплекса свойств в виде: σ_B , δ , $\psi = f(Z^Y, d, T_{отп}, T_{зак})$ ($r = 0,8-0,9$).

$$\delta_5 = -10729 + 17487 \cdot Z^Y - 7121 \cdot Z^{Y^2} - 0,007 \cdot T_{зак} + 0,003 \cdot T_{отп} \quad (1)$$

$$\sigma_B = 1860 - 6147 \cdot d - 0,185 \cdot T_{зак} - 1,424 \cdot T_{отп} \quad (2)$$

$$\psi = 1035 - 628 \cdot Z^Y - 0,149 \cdot T_{зак} - 0,192 \cdot T_{отп} \quad (3)$$

Высокая точность моделей позволяет использовать методологию вычислительного эксперимента для определения оптимального состава колесной стали и режима термической обработки.

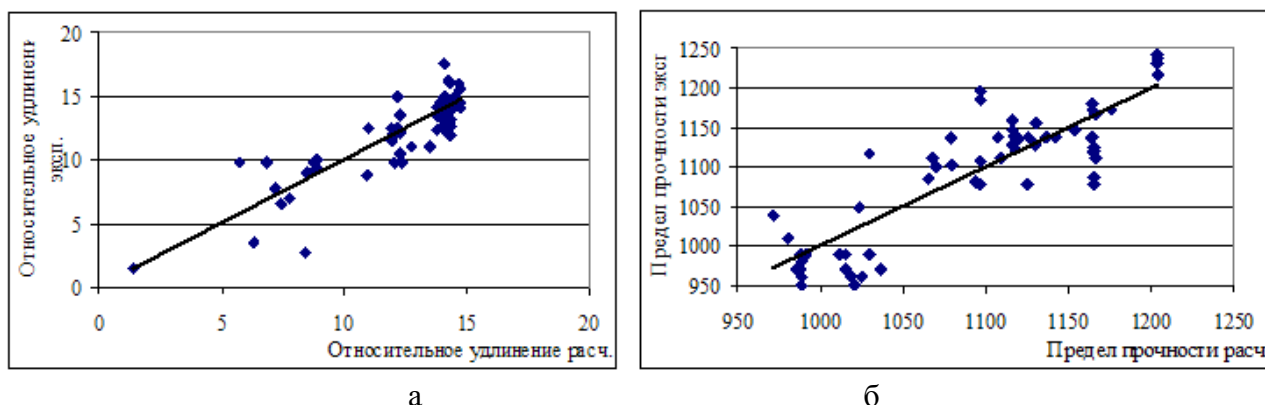


Рис. 2. Соотношение значений экспериментальных и рассчитанных по формулам (1-2): а – относительное удлинение 1, б – предел прочности 2

На рис. 3 представлена картограмма поверхности, являющаяся откликом целевого показателя предела прочности от химического состава и технологического показателя – температуры закалки.

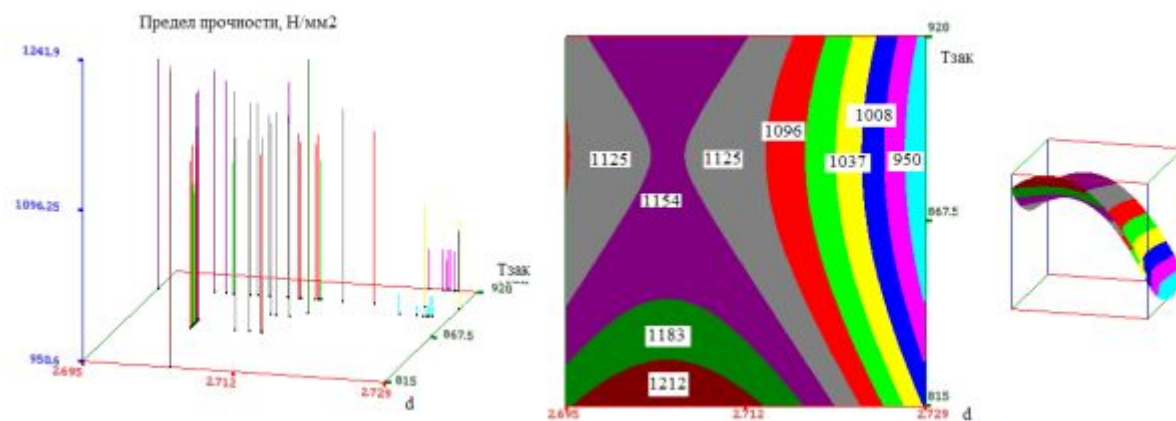


Рис. 3. Карта поверхности отклика – предел прочности = $f(d, T_{зак})$

Геометрическая интерпретация поверхностей – откликов для показателей качества позволяет визуализировать полученные зависимости и определить коммерческие области стабилизации химического состава в «суженных диапазонах» осуществить выбор соответствующих режимов термообработки [3].

Литература:

1. Приходько Е. В. Інформаційно-аналітична система стабілізації властивостей прокату/ Е. В. Приходько, Д. М. Тогобицька, О. С. Козачок // Металознавство та обробка металів. – К., 2011. – №1. – С. 39–43.
2. Приходько Э. В. Эффективность комплексного легирования стали и сплавов / Э. В. Приходько. – К. : Наук. думка, 1995. – 292 с.
3. Тогобицька Д. Н. Інформаційно-математичне забезпечення оцінки впливу хімічного складу на властивості колесної сталі / Тогобицька Д. Н., Бабаченко А. І., Козачок А. С. і др. // Наукові вісті. Сучасні проблеми металургії. – Дніпропетровськ, 2014. – №16 (2013). – С. 51–56.

Циватая Н. А., к. техн. н. Степаненко Д. А., Лихачев Ю. М., Ходотова Н. Е.

Институт черной металлургии им. З.И. Некрасова, г. Днепропетровск

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЩЕЛОЧЕЙ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ РАБОТЫ ДОМЕННЫХ ПЕЧЕЙ

Шихтовые и технологические условия работы доменных печей Украины обуславливают циркуляцию и накопление в доменных печах большого количества щелочных элементов, часто превышающих критический уровень. Как показывает опыт технологов, безопасная допустимая щелочная нагрузка не должна превышать 2,5–4 кг/т чугуна. Реально, в условиях Украины она может достигать до 14 кг/т чугуна. Превышение в доменной шихте допустимого количества щелочных металлов на одну тонну чугуна вызывает ухудшение работы доменной печи, снижение ее производительности, уменьшение прочности кокса, приводит к подвисаниям шихты, ускорению разрушения кладки печи и образованию настывлей, что приводит к изменению профиля печи, нарушению равномерности распределения шихты и газового потока в рабочем пространстве. В связи с этим актуальными являются вопросы выявления закономерностей поведения щелочей при изменении состава и свойств шлака, как главного фактора удаления их из печи. Проведение количественных балансов щелочей в доменной печи и определение распределения щелочей между шлаком, колошниковым газом и внутренним пространством печи, позволяет выполнить полный контроль над поступлением и выведением щелочей из печи, а также позволяет повысить эффективность проведения промывок.

С целью выявления закономерностей о распределении щелочных соединений в доменной печи с помощью разработанной программы «Alkalis» проведен баланс щелочей для печи А объемом 2000м³ завода Украины. Проведенные исследования показали, что за период июнь-октябрь 2014 года в печь поступает от 2,09 до 2,63 кг/т чугуна Na₂O и от 1,97 до 2,74 кг/т чугуна K₂O. Таким образом щелочная нагрузка для печи А составляет в среднем 4,72 кг/т чугуна. Основная масса щелочей в доменную печь А вносится с агломератом и коксом. При этом приход Na₂O с агломератом составляет в среднем 1,55 кг/т чугуна, а K₂O – 0,94 кг/т чугуна, с

коксом – 0,76 кг/т Na₂O и 1,39 кг/т K₂O. Такое высокое содержание щелочей в агломерате обусловлено использованием значительной части металлургических отходов при его производстве.

Баланс щелочей печи А показывает, что в зависимости от условий плавки со шлаком в среднем уходит 1,45 кг/т Na₂O и 1,56 кг/т K₂O, а с колошниковым газом – 0,107 кг/т Na₂O и 0,215 кг/т K₂O, соответственно в печи остается 0,77 кг/т Na₂O и 0,53 кг/т K₂O. Исходя из проведенного баланса для печи А объемом 2000м³ и производством в среднем 3340 тонн чугуна в сутки, накопление составляет 2547 кг Na₂O и 1760 кг K₂O, из чего следует, что в среднем за сутки в печи остается циркулировать 4,31 тонн щелочей или 2,15 кг/м³ печи.

Таким образом, в зависимости от состава шихты и термодинамических условий работы печи, в среднем со шлаком выходит 65,91% щелочей пришедших в печь, с колошниковым газом – 6,84%, остается в печи – 27,25%.

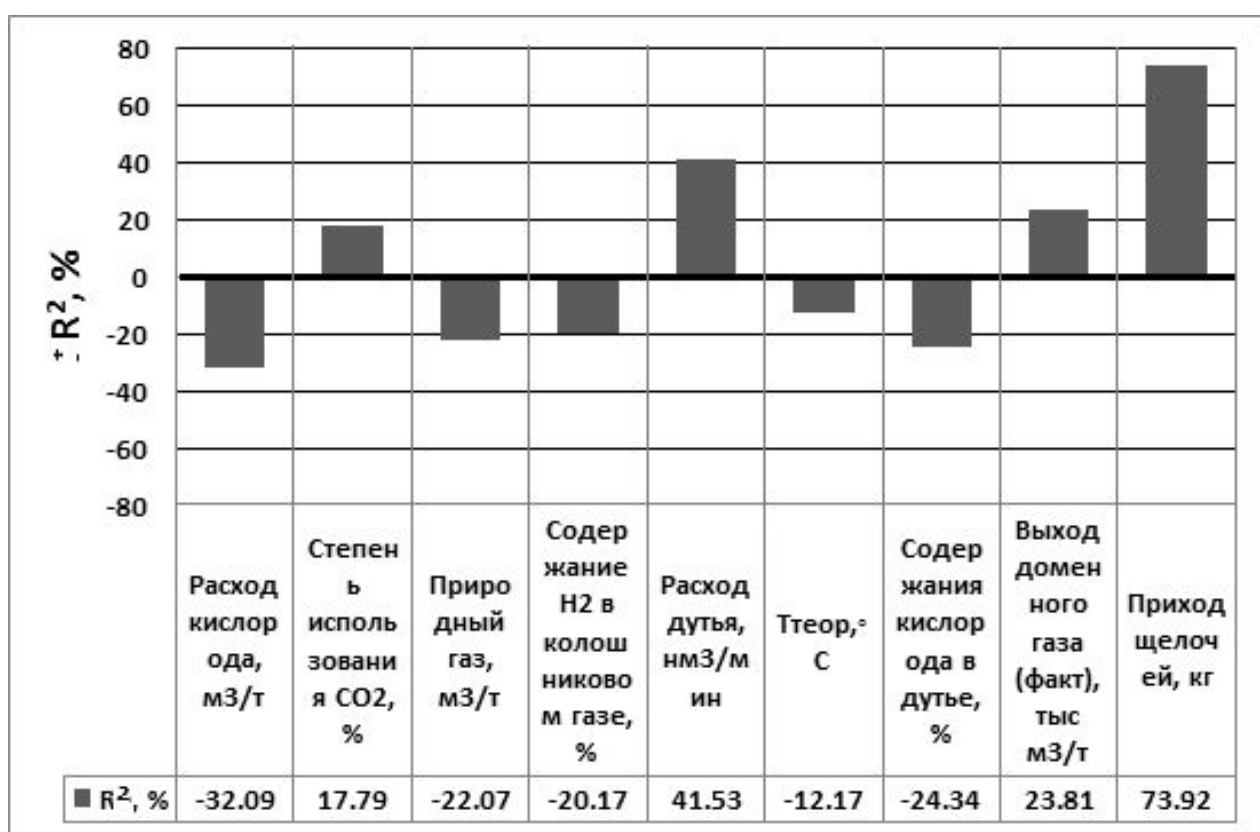


Рис. 1. Влияние параметров плавки на вынос щелочей доменным шлаком (знак «+» или «-» при R² свидетельствует о прямой (+) или обратной связи параметра с содержанием щелочей в шлаке)

Такой характер распределения щелочных оксидов в доменной печи позволяет сделать вывод о том, что доменный шлак является основным носителем щелочей в доменной печи. Распределение щелочей между шлаком и газовой фазой зависит от термодинамических условий работы доменной печи, поэтому получение данных о влиянии параметров плавки и отдельных компонентов минеральной шихты на разных этапах процесса агрегатного превращения материалов в доменной печи

позволяет рассмотреть качественную и количественную стороны процессов адсорбции и десорбции щелочных оксидов шлаком. Выявление наиболее значимых параметров при ведении плавки с целью максимально вывода щелочей через шлак позволяет эффективно управлять процессом доменной плавки.

Как показали исследования, проведенные для печи А (рис. 1), основными параметрами доменной плавки, влияющими на вынос щелочей с доменным шлаком, являются: приход щелочей с шихтовыми материалами и коксом, расход кислорода, расход дутья, содержание кислорода в дутье, степень использования CO_2 , теоретическая температура горения, выход доменного газа и расход природного газа.

Таким образом, эффективное выведение щелочей из доменной печи со шлаком возможно за счет правильного сочетания технологических приемов направленных на изменение термодинамических условий работы печи, обеспечивающих максимальную щелочепоглотительную способность шлака при соответствующих шихтовых условиях работы печи.

Д. техн. н. Шинкаренко В. И., Забула Г. В.

*Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
имени академика В. Лазаряна*

МОДЕЛЬ АДАПТАЦИИ СТРУКТУР ДАННЫХ СРЕДСТВАМИ КОНСТРУКЦИОННО-ПРОДУКЦИОННЫХ СТРУКТУР

На текущий момент процесс масштабирования программного продукта на другие платформы в основном заключается только в переносе его функциональности. В большинстве случаев потенциальные возможности по адаптации программных продуктов к вычислительным платформам не используются. Адаптация и/или оптимизация программных средств производится лишь в тех случаях, когда при переходе на другую платформу не удовлетворяются нефункциональные характеристики.

Разработан метод адаптации структур данных (СД) в оперативной памяти, основывается на программных шаблонах и сценариях обработки данных, который позволит улучшить временную эффективность алгоритмов. Программный шаблон – полный набор методов доступа к элементам СД, которые реализуют размещения данных, обеспечивают формирование СД, добавление/удаление элементов, поиск и т.п.

Цель адаптации – повышение временной эффективности структур данных в различных программно-аппаратных средах [1; 2]. Под временной эффективностью структур данных будем понимать временную эффективность алгоритмов обработки данных и порядком их применения. Под алгоритмами, в данном случае,

понимаются алгоритмы операций связанных с доступом к данным, таких как: поиск, добавление, удаление (исключаются операции преобразования данных). Порядок обработки данных будем называть сценарием. Пусть использование структур данных некоторым конкретным приложением представлено в виде алгоритма $A|_X^Y$:

$$A|_X^Y = \prod_i (B_i|_{X_i}^Y \cdot C_i|_{Z_i}^Q),$$

где X и Y – области определения и значения алгоритма $A|_X^Y$, соответственно; $B \cdot C$ – операция последовательного выполнения алгоритма C после B ; B_i – алгоритмы обработки структуры данных (все соответствующие вышеприведенной классификации); C_i – алгоритмы управления, преобразования данных и обработки других данных и структур. Часть алгоритмов C_i могут быть пустыми.

Тогда временную эффективность структуры данных определим как временную эффективность алгоритма $\bar{A}|_X^Y$:

$$\bar{A}|_X^Y = \prod_i B_i|_{X_i}^Y.$$

Процесс адаптации состоит из следующих частей: конструирование логических структур данных, сценариев, реализаций на языке программирования и собственно адаптации.

Таблица 1

КПС формирования структур данных

Конструктор абстрактной логической структур данных	Преобразователь абстрактной логической структуры данных в представление языка программирования (ЯП)
<p><i>Специализация</i></p> <p>Терминалы – простейшие элементы логической структуры данных</p> <p>Нетерминалы – вспомогательные символы для группирования простейших элементов</p> <p>Атрибуты – семантика, идентификация, значение.</p>	<p><i>Специализация</i></p> <p>Терминалы – текст программных шаблонов на языке С#.</p> <p>Нетерминалы – вспомогательные символы для поддержки правил вывода.</p>
<p><i>Интерпретация</i></p> <p>Связь операций с алгоритмами.</p>	<p><i>Интерпретация</i></p> <p>Интерпретация операций частичного, полного вывода и конкатенации алгоритмами БАС.</p>
<p><i>Конкретизация</i></p> <p>Конкретные правила операций подстановки, описывающие множество логических структур данных.</p>	<p><i>Конкретизация</i></p> <p>Конкретные правила операций преобразования, описывающие множество конкретных логических структур данных на основе абстрактной логической структуры данных.</p>
<p><i>Реализация</i></p> <p>Формирование множества абстрактных логических структур данных.</p>	<p><i>Реализация</i></p> <p>Множество СД уровня ЯП.</p>

Для моделирования процесса адаптации временной эффективности логических структур данных предлагается применение конструкционно-продукционных структур (КПС) [3].

Логическая структура данных формируется на основе требований пользователя и преобразуется в текст программы (табл. 1).

Реализации на языке программирования задаются в виде правил подстановки и строятся на основе сконструированных логических СД. Результатом является текст программы на выбранном ЯП. Приведем пример конкретизации КПС заданной логической СД ВМР файла [4] с правилами преобразования для генерации текста программы на языке С#.

$$\{s_1 = \langle_{s_\alpha} \alpha \rightarrow_{s_\beta} \beta \otimes_{\rho_0} \delta \rangle;$$

```

!START! -> !BMPFILEDECL!
!BMPFILEDECL! ->
!INFOHEADERDECL! !IMAGEDATADECL!
class BMPFile
{
    !INFOHEADERTYPE! InfoHeader {get;set;}
    !IMAGEDATATYPE! ImageData {get;set;}
}
    {s_2 = \langle_{s_\beta} \beta \rightarrow_{t_a s_a m_a} a \otimes_{t_b s_b m_b} b \otimes_{t_c s_c m_c} c \rangle; информационный заголовок
!INFOHEADERTYPE! -> InfoHeader
!INFOHEADERDECL@O! ->
class InfoHeader
{
    int BitsPerPixel {get;set;}
    int Width {get;set;}
    int Height {get;set;}
}
    {s_3 = \langle_{s_{1,\delta}} \delta \rightarrow_{t_e s_e m_e} e \oplus_{s_\eta} \eta \rangle; массив RGB
!IMAGEDATATYPE! -> MatrixRGB
!IMAGEDATADECL! ->
!RGBDECL!
class MatrixRGB : Matrix<!RGBTYPE! >
{
}
    {s_4 = \langle_{s_{2,\delta}} \delta \rightarrow_{s_\phi} \phi \oplus_{s_\theta} \theta \rangle; структура индексированного изображения
!IMAGEDATATYPE! -> ImageDataIndex
!IMAGEDATADECL! ->
!INDEXMATRIXDECL!
!PALETTEDECL!
class ImageDataIndex
{
    !PALETTE! Palette {get;set;}
    !INDEXMATRIXTYPE! IndexMatrix {get;set;}
}
    {s_6 = \langle_{s_\phi} \phi \rightarrow_{t_e s_e m_e} e \oplus_{s_\eta} \eta \rangle; палитра
!PALETTE! -> Palette

```

```

! PALETTEDECL! ->
! RGBDECL!
class Palette : Vector<! RGBTYPE! >
{
    }

    {s7 =<sθ θ →tpspmp p ρ7 ⊕tqsqmq q >} ; индексированное изображение

! INDEXMATRIXTYPE! -> MatrixIndex
! INDEXTYPE! -> int
! INDEXMATRIXDECL! ->
class MatrixIndex : Matrix<! INDEXTYPE! >
{
    }

    {s8 =<sη η →tzszmz z ρ8 ⊗txsxmx x ρ8 ⊗tvsvmv v >} ; RGB структура

! RGBTYPE! -> RGB
! RGBDECL! ->
class RGB
{
    int R{get; set; }
    int G{get; set; }
    int B{get; set; }
}

```

Таблица 2

КПС обработки и адаптации структур данных

Конструктор сценариев	Адаптер физических реализаций
<p><i>Специализация</i></p> <p>Терминалы – операции над простейшими логическими элементами. Нетерминалы – поддержка способа задания сценариев.</p>	<p><i>Специализация</i></p> <p>Назначение: адаптация структур данных на ЯП по временной эффективности. Терминалы – множество алгоритмов необходимых для адаптации. Нетерминалы – этапы процесса адаптации. Показатель эффективности – временная эффективность выполнения сценария.</p>
<p><i>Интерпретация</i></p> <p>Интерпретируются операции присваивание, множественный выбор, конкатенация, условное выполнение алгоритмов.</p>	<p><i>Интерпретация</i></p> <p>Определяется способ конструирования структур на языке программирования и способ определения сценариев. Интерпретация операций конкатенации, полного и частичного вывода.</p>
<p><i>Конкретизация</i></p> <p>Правила конкретизируют способ построения сценариев: стохастический, мануальный и т.п.</p>	<p><i>Конкретизация</i></p> <p>Определяются параметры для адаптации: логическая структура, сценарий, параметры поиска.</p>
<p><i>Реализация</i></p> <p>Формирование множества сценариев.</p>	<p><i>Реализация</i></p> <p>Структура данных адаптированная к заданной программно-аппаратной среде.</p>

Сценарий использования логической СД может задаваться несколькими способами: мануальный, на основе экспертной оценки пользователя; случайный, на основе заданных параметров; автоматический на основе статистических эксплуатационных данных.

Разработанная модель позволяет исследовать и совершенствовать процессы адаптации структур данных, решать задачи повышения временной эффективности программных средств, характеризуемых обработкой больших объемов структурированных данных.

Литература:

1. Шинкаренко В. И. Повышение временной эффективности структур данных в оперативной памяти на основе адаптации / В. И. Шинкаренко, Г. В. Забула // Проблемы программирования. – 2012. – № 2–3. – С. 211–218.
2. Шинкаренко В. И. Применение генетического алгоритма в задачах адаптации структур данных / В. И. Шинкаренко, Г. В. Забула // Искусственный интеллект. – 2012. – № 3. – С. 323–331.
3. Конструктивно-продукционные структуры и их грамматические интерпретации. I. Обобщенная формальная конструктивно-продукционная структура / В. И. Шинкаренко, В. М. Ильман // Кибернетика и системный анализ. – 2014. – № 5. – С. 8–16.
4. Шинкаренко В. И. Конструктивно-продукционная модель структур данных на логическом уровне / В. И. Шинкаренко, В. М. Ильман, Г. В. Забула // Проблемы программирования. – 2014. – № 2–3. – С. 10–16.

Д. техн. н. Шинкаренко В. И., Куропятник Е. С.

*Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
имени акад. В. Лазаряна*

ФОРМАЛИЗОВАННАЯ СПЕЦИФИКАЦИЯ ТЕКСТА И ЕГО ГРАФОВОЙ МОДЕЛИ СРЕДСТВАМИ КОНСТРУКТИВНО-ПРОДУКЦИОННЫХ СТРУКТУР

Исследования в различных отраслях науки и производства, а также образовательные процессы неотрывно связаны с обработкой уже имеющихся научных изданий, разработкой и документированием новых методик, написания программ и тому подобное. Скорость и интенсивность развития этих отраслей, а также средств их информационной поддержки приводят к резкому росту объемов информации, представленной в текстовом виде.

На сегодня наиболее актуальными проблемами обработки текстов являются информационный поиск, сравнение, проверка правильности написания, выделение знаний. Разработка и модернизация средств автоматизации для решения данных задач позволяет улучшить временные показатели их решения.

Формализация понятия текста является ключевой задачей. Для ее решения перелагается использовать конструктивно-продукционные структуры (КПС).

КПС представляет собой триаду «носитель – сигнатура – аксиоматика» [1]. В ходе специализации определяются элементы носителя согласно предметной области. В данном контексте элементами носителя являются символы печатного представления текстов. Элементы носителя имеют набор атрибутов, определяющий их внешний вид, смысл, код. Сигнатура включает такие операции как подстановки и вывода, операции связывания, операции над атрибутами, а также отношения подстановки. Отношение подстановки – бинарное отношение с атрибутами вида $w_i l \rightarrow_{w_j} l$. Сигнатура включает набор правил подстановки вида $\psi_i : \langle s_i, g_i \rangle$, где s_i – последовательность отношений подстановки, g_i – набор операций над атрибутами. Операции сигнатуры позволяют строить языковые конструкции – слова, предложения, тексты.

Конкретизация КПС позволяет определить правила формирования конструкций, их преобразования, которые также связаны с операциями над атрибутами.

Интерпретация КПС определяют алгоритмы выполнения операций сигнатуры и их исполнителя. Реализация данной КПС заключается в построении множества языковых конструкций.

Для ускорения процесса обработки текстов определена КПС графового представления текста [2]. Предлагается представление текстовой конструкции в виде ориентированного графа с нагруженными дугами и вершинами. Носитель данной структуры включает множество языковых конструкций, множество конструкций-графов, множества вершин и дуг.

Атрибутами вершины являются ее идентификатор, часть текстовой конструкции, количество циклов, замкнутых на ней. Атрибутами дуги являются ее идентификатор, указатель на порядок обхода графа и вершины, соединенные данной дугой. Атрибутами графа являются стартовая и конечная вершины, текущие вершина и дуги (в процессе формирования).

Конкретизация графовой КПС определяет правила построения графа для языковой конструкции.

Процесс построение графа происходит при разборе языковой конструкции. Добавление вершин и дуг выполняется по такому принципу: вершина добавляется, если граф пуст или текущая вершина не связана дугой с существующей вершиной, имеющей вес равный части языковой конструкций, для которой она добавляется. Дуга добавляется для связывания текущей вершины с последней добавленной или со стартовой. При этом вершина, к которой направлена дуга, становится текущей. Различные варианты добавления элементов графа приведены на рис. 1. Сплошными линиями обозначены уже имеющиеся элементы графа, пунктирной – добавляемые. Случаи 4 и 5 могут быть реализованы через добавление новой дуги или изменения веса имеющейся, совпадающей по направлению с предполагаемой новой. При добавлении дуги, связывающей текущую вершину со стартовой, выполняется инкремент атрибута количества циклов.

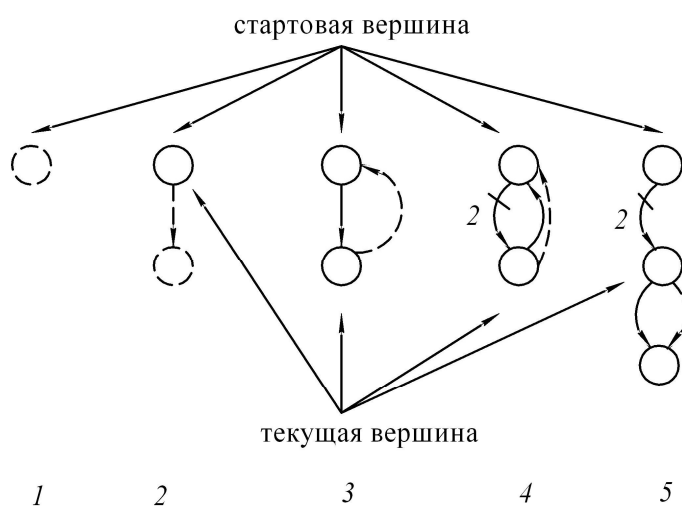


Рис. 1. Фрагмент построения графа

Для ускорения обработки графа можно выполнить его сжатие, заключающееся в соединении двух и более вершин, образующих линейную последовательность вершин, соединенных дугами с одинаковой нагрузкой. С этой целью определяется КПС на основе L-системы [3]. Ее носителем является множества графов, нагруженных вершин и дуг. Конкретизации структуры определяет правила, позволяющие выполнив операции подстановки заменить последовательность «вершина-дуга-вершина-дуга» на «вершина-дуга», при этом значения атрибута веса новой вершины определяется как результат операции конкатенации весов соединяемых вершин.

Рассмотренный подход позволяет определить не только структуру текста, но и его содержание и форматирования, что играет большую роль в поиске информации и возможной ее дальнейшей обработке.

Использование графовой модели для представления текста и ее формализация позволяет создать автоматизированную систему обработки текста, способствующую значительному увеличению скорости данной процедуры, а также даст возможность ее дальнейшей модернизации.

Литература:

1. Шинкаренко В. И. Конструктивно-продукционные структуры и их грамматические интерпретации. I. Обобщенная формальная конструктивно-продукционная структура. / В. И. Шинкаренко, В. М. Ильман // Кибернетика и системный анализ. – 2014. – № 5. – С. 3–14.
2. Шинкаренко В. И. Система контролю плагиату в студентських роботах / В. І. Шинкаренко, О. С. Куроп'ятник // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – № 4/2 (58). – С. 32–36.
3. Кроновер Р. М. Фракталы и хаос в динамических системах. Основы теории / Р. М. Кроновер. – М. : Постмаркет, 2000. – 352 с.

Шкурко О. А., д. техн. н Дранишников Л. В.

Дніпродзержинський державний технічний університет

ВИТЯГ ІНФОРМАЦІЇ З ТЕКСТІВ. СЕНТИМЕНТАЛЬНИЙ АНАЛІЗ

При плануванні розвитку програмних продуктів розробники керуються власним баченням, кількісним та якісним аналізом поведінки та відгуків користувачів.

Тенденції споживання інформації та розвитку ринку інформаційних програмних продуктів такі, що соціальні мережі стали та міцно закріпилися на місці основного каналу комунікації з користувачами, тобто джерелом якісного зворотнього зв'язку. Це надає розробникам певні переваги, але й недоліки також, – для проведення якісного аналізу потрібно багато часу щоб відстежити, зібрати, систематизувати, проаналізувати та зробити висновки з повідомлень користувачів.

Ця проблема може бути вирішена засобами комп'ютерної лінгвістики (Natural Language Processing) – області комп'ютерних наук, яка успішно застосовується для реалізації інструментів текстового пошуку, витягу фактів, діалогових систем, синтезу та розпізнавання мовлення, оцінки тональності відгуків, кластеризації та класифікації текстів.

В даній роботі розглянуто проблеми, застосування та підходи комп'ютерної лінгвістики, зокрема її частини, що стосується витягу фактів з текстів та оцінки тональності відгуків, описано алгоритм первинної обробки тексту, який проводиться на всіх лінгвістичних рівнях: графематичному, лексичному, морфологічному, синтаксичному та семантичному. Також розроблено програмний засіб який може зібрати відгуки користувачів з соціальної мережі про конкретний продукт або компанію та дати висновки щодо того, як користувачі відгукуються про неї: скільки відгуків є позитивними, а скільки негативними. Тобто, програма сприймає назву продукту або компанії як вхідну інформацію та в результаті обробки та аналізу даних виводить кількість негативних та позитивних відгуків з вибірки, перелік конкретних відгуків з обох категорій та візуалізацію проведеного аналізу. Цінність програми в тому, що вона дозволяє швидко провести аудит якісного зворотнього зв'язку та фокусує на головному, – точках невдоволення користувачів, над усуненням котрих слід працювати.

Засіб реалізовано на мові програмування Python з використанням API соціальної мережі Twitter та платформи NLTK. Власне алгоритм обробки відгуків базується на наївному баєсівському класифікаторі.

Д. техн. н. Шумейко О. О., Вовченко Д. Ю.

Дніпродзержинський державний технічний університет

ВИКОРИСТАННЯ ФОРМАТУ JPEG ДЛЯ СТЕГАНОГРАФІЧНОГО ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ

Безпека є однією з головних умов комфорту людини. А в будь-якій Конституції гарантується захист приватних даних, що ніяким чином не пов'язано з секретністю інформації у мережі Інтернет. Якщо говорити про неналежну захищеність інформації, то можуть виникнути такі проблеми як: крадіжка та несанкціоноване використання даних, або витік секретної інформації та її небажана доступність третій стороні.

Для захисту приватних документів існують різні криптографічні протоколи, які засновані на складно вирішуваних математичних проблемах, наприклад таких, як розподіл простих чисел. Але з появою новітніх технологій, існує велика ймовірність того, що існуючі криптографічні алгоритми буде виявлено та розшифровано.

За допомогою ж стеганографічних методів захисту інформації можна як безпечно передати таємну інформацію отримувачу, так і залишити свій невидимий водяний знак, за допомогою якого доводиться авторство, при цьому, зробити це так, що про наявність вкладеної інформації потенційний перехоплювач не буде здогадуватися.

У якості контейнера для вкладення інформації потрібно використовувати сучасний та розповсюджений у Інтернеті формат файлів. Цим умовам відповідає формат JPEG, робота з яким ускладнюється тим, що це формат зі стиском, під час якого перебудовується структура даних. Донедавна, стеганографія у JPEG вважалася неможливою. Для формату BMP, що вже майже не зустрічається у мережі, часто використовується метод останнього значущого біта, що непомітно для людського зору замінює останній біт значення кольору пікселя на біт інформації що приховується. Враховуючи вищевказану специфіку формату JPEG, було вирішено застосовувати даний метод до коефіцієнтів дискретного косинусного перетворення, що вираховуються на одному з етапів стиску файлу даного формату, коли кожна матриця пікселів розміру $N \times N$, частіше 8×8 , перетворюється на матрицю частотних коефіцієнтів відповідного розміру. Приховувати дані потрібно лише після квантування, та ретельно підбираючи коефіцієнти, інакше, усі дані буде знищено, а зображення зіпсовано.

Такий метод приховування інформації вважається стійким. Зображення майже не втрачають якості, витримують певний стиск, та деякі маніпуляції, без втрат даних, або з частковою втратою.

На основі даної ідеї реалізовано програмний продукт. Використовуючи дану програму, було проведено експерименти. Результати наведено у табл. 1.

Результати експериментів

Зображення	Без стиску	Стиск (10%)	Стиск (25%)	Обрізання
Dogs.jpg (color)	sold for 55	sold for 55	sold for 55	×
Dudes.jpg (color)	Sold	×	sold	sold
Road.jpg (grayscale)	sold for 2k	sold for 2k	×	×
Egg.jpg (color)	too much eyes	×	too much eyes	too -uch

Як видно з таблиці, хоч інформація може витримати деякі маніпуляції, категорично не рекомендується стискати зображення, або псувати їх будь-яким іншим чином, оскільки важливо, щоб повідомлення надійшло до адресата у цілості.

К. техн. н. Ялова К. М., Ільченко Є. О.

Дніпродзержинський державний технічний університет

АВТОМАТИЗАЦІЯ ОБЛІКУ ЗАПАСІВ ДЕРЖАВНОЇ УСТАНОВИ

Державні установи і організації України використовують у своїй діяльності запаси, які забезпечують їх функціонування. Запаси державної установи – це активи, які утримуються для споживання під час виконання робіт, надання послуг, функціонування або управління підприємством. Облік запасів у бухгалтерії ведеться в кількісному та вартісному представленні з урахуванням матеріально-відповідальних осіб, балансових рахунків, субрахунків та облікових груп на основі зданих первинних документів зі складів та підрозділів підприємства. До функції бухгалтерії по обліку запасів також відноситься розрахунок і формування вихідної інформації регламентного, контрольного і довідникового характеру [1].

При ручному способі обробки даних облікові реєстри (книги, відомості, картки) заповнює вручну бухгалтер, який опрацьовує інформацію з паперових первинних документів. Це традиційний спосіб ведення обліку, який характеризується великою трудомісткістю і потребою залучення значної кількості кваліфікованих спеціалістів. Ринок програмних засобів автоматизації бухгалтерського обліку надає широкий перелік автоматизованих інформаційних систем (АІС). Проаналізувавши їх, можна виділити наступні загальні недоліки: достатньо висока вартість продукту; непристосованість до індивідуальних специфічних вимог предметної області (ПрО); «високий поріг входу», що вимагає постійної наявності кваліфікованого програміста; необхідність внесення змін до стандартних програм; потреба у постійному супроводі програмного забезпечення (ПЗ).

Мінімізувати перелічені недоліки можна, розробивши АІС з урахуванням вимог ПрО та ІТ-компетенцій працівників бухгалтерії. В даній роботі запропоновано архітектуру АІС «Облік запасів державної установи» на прикладі ДДТУ, що дозволить: оптимізувати технологічний процес обробки даних з обліку запасів,

який полягає у виконанні основних операцій (введення, оброблення, групування та збереження даних) та наданні потрібної інформації для контролю за наявністю та витратами засобів зі своєчасним складанням звітності; позбавить користувача від трудомісткої ручної роботи; зменшить кількість помилок, які виникають при внесенні даних користувачем при ручній обробці даних; враховувати усі особливості Про; забезпечить користувача «дружнім» інтерфейсом, який відповідає прийнятним вимогам якості, стандартизації та уніфікації при розробці ПЗ. Складовими частинами АІС є:

- нормативно-довідникова інформація – умовно-постійні дані, що містять регламентуючі норми, нормативи та характеристики об'єктів, які тривалий час використовуються в розрахунках без змін: матеріали, матеріально-відповідальні особи, кореспондуючі рахунки, субрахунки, комісія;

- вхідна інформація – інформація, що зберігається у вигляді електронних документів, які розроблені з урахуванням встановлених форм: накладна (типова форма № 3-3); вимога (типова форма № 3-3); акт списання (типова форма № 3-2); меморіальний ордер №13 (типова форма № 396);

- вихідна інформація представлена у вигляді документів, що є результатами автоматизованих вибірок: картка складського обліку запасів (типова форма № 3-9); інвентаризаційний опис матеріалів (типова форма № М-21); облікова відомість (форма № 039/о).

Використання запропонованої АІС дозволить бухгалтеру скоротити час для обробки первинних документів та формування звітної облікової інформації; забезпечить користувачів обліковою інформацією у різних розрізах в залежності від вхідних параметрів запитів до бази даних. Все це підвищить ефективність обліку запасів на складі в цілому.

Література:

1. Ткаченко Н. М. Бухгалтерский финансовый учет на предприятиях Украины : учеб. для студ. высш. учеб. завед. экон. спец / Н. М. Ткаченко. – 7-е изд. – К. : А. С. К., 2004. – 864 с.

Секція IV. КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ

Бойко Я. М.^{*}, к., техн. н. Завгородній В. В.^{}**

^{}Дніпродзержинський економічний коледж ДДГУ,*

*^{**}Дніпродзержинський державний технічний університет*

ОРГАНІЗАЦІЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ ДНІПРОДЗЕРЖИНСЬКОГО ЕКОНОМІЧНОГО КОЛЕДЖУ З ДИСЦИПЛІНИ «ІНФОРМАТИКА ТА КОМП'ЮТЕРНА ТЕХНІКА»

Якісна освіта є запорукою майбутнього країни, важливою складовою її національної ідентичності та державного добробуту. Самостійна робота є одним з найважливіших компонентів освітнього процесу, що передбачає інтеграцію різних видів індивідуальної та колективної навчальної діяльності, яка здійснюється як під час аудиторних, поза аудиторних занять, без участі викладача, так і під його безпосереднім керівництвом. У контексті сучасної системи навчання самостійна робота домінує серед інших видів навчальної діяльності студентів після практичної підготовки. Пізнавальна діяльність студентів у процесі виконання самостійної роботи характеризується високим рівнем самостійності та сприяє залученню студентів до творчої активності [1].

Мета – розглянути специфіку і проблеми організації самостійної роботи студентів з дисципліни «Інформатика та комп'ютерна техніка», визначити ефективні методи її організації з урахуванням сучасних вимог до якості залишкових знань та професійної компетентності як цілісної системи освітнього процесу у формуванні кваліфікованих молодших спеціалістів.

Самостійна робота у коледжі передбачає поступове засвоєння нового матеріалу, його повторення та закріплення, застосування здобутих теоретичних знань на практиці. Ефективність самостійної роботи залежить від її організації, змісту, взаємозв'язку та характеру завдань. Перед тим, як формувати перелік завдань самостійної роботи студентів було розроблено навчальну програму з інформатики, сформовано вимоги до самостійної роботи студентів. Самостійна робота є обов'язковою для кожного студента і визначається навчальним планом. Виконання студентами самостійних робіт сприяє формуванню професійних навичок, відповідних виду професійної діяльності з дисципліни: здійснювати інсталяцію і настройку системи, документувати результати робіт, виконувати роботи по оновленню, технічному супроводженню і відновленню даних системи, працювати з технічною документацією, визначати методи і способи виконання завдань, оцінювати їх ефективність і якість, здійснювати пошук, аналіз і оцінку інформації, використовувати сучасні ІТ-технології при підготовці до занять. Студенти мають набути

навичок самостійно працювати з системним та прикладним програмним забезпеченням. Це потребує систематичного виконання практичних завдань протягом семестру та підготовки до кожного практичного заняття. Згідно з державними стандартами навчальний матеріал дисципліни, передбачений робочим навчальним планом для засвоєння студентом у процесі самостійної роботи, виносить на підсумковий контроль поряд з навчальним матеріалом, який опрацьовувався при проведенні аудиторних занять [2].

Самостійна робота студента над засвоєнням навчального матеріалу з інформатики може виконуватися у бібліотеці коледжу, навчальних аудиторіях, комп'ютерних лабораторіях та в домашніх умовах. При підготовці до практичних занять студент має спиратися на конспект лекцій. Якщо у конспекті бракує матеріалів з окремих питань або деякі з них розкриті недостатньо чи винесені на самостійне опрацювання, студент повинен звернутися до рекомендованих підручників, навчальних посібників і методичних матеріалів. Підготовку до практичного заняття краще здійснювати з використанням комп'ютерної техніки зі встановленим відповідним програмним забезпеченням. Працювати з підручниками, навчальними посібниками, методичними вказівками, практикумами, науковою і спеціальною літературою необхідно таким чином, щоб отримати максимум теоретичних знань і практичних навичок.

Аналіз досліджень з проблеми використання інформаційних технологій (ІТ) у навчанні студентів дозволяє визначити основні напрями активного застосування ІТ у навчальному середовищі: розширення можливостей підвищення якості освіти, відкриття нових можливостей розвитку мислення студентів, підбір індивідуальних способів отримання знань шляхом самостійної роботи за допомогою ІТ, поєднуючи традиційні та сучасні методи навчання, що сприяє створенню єдиного освітнього інформаційного середовища [3].

Самостійна робота студентів при вивченні дисципліни «Інформатика та комп'ютерна техніка» в ДЕК ДДТУ організована як цілісна система з використанням ІТ: використання освітніх сайтів, робота з електронними виданнями, виконання індивідуальних завдань на базі ІКТ, здійснення поточної атестації за допомогою комп'ютерного тестування, як однієї з форм організації контролю за самостійною роботою студентів. Окрім самостійного засвоєння знань студенти мають опанувати методи аналізу, синтезу, узагальнення інформації. Застосування сучасних ІТ у процесі організації самостійної роботи має ряд переваг: навчальний матеріал подається на сучасному рівні, варіативність завдань з урахуванням можливостей та здібностей студентів, підвищення професійної мотивації студентів, можливість об'єктивного електронного контролю за станом засвоєння студентом необхідного навчального матеріалу [3].

Знання з інформатики відносяться до базової підготовки сучасного молодого фахівця. Вони є основою для подальшого засвоєння спеціалізованого програмного

забезпечення за фаховою освітою і будуть застосовуватися в будь-якій сфері діяльності.

Література:

1. Кудрянт З. Н. Система освіти в Україні : навч. посіб. / З. Н. Кудрянт // Педагогіка. – О. : ПДПУ, 2001.
2. Стебльова К. К. Організація самостійної роботи студентів ВНЗ за допомогою засобів інформаційних технологій / К. К. Стебльова // Особливості підготовки сучасного фахівця. – 2012. – С. 317–324.
3. Журавська Л. М. Концептуальні умови управління самостійною роботою студентів у ВНЗ / Л. М. Журавська // Освіта та управління. – 1999. – Т. 3.

Д. экон. н. Дырка С.

Верхнесилезский Экономический Университет им. В. Корфанто, г. Катовица, Польша

ТЕНДЕНЦИИ В УПРАВЛЕНИИ ГЛОБАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКОЙ ПОСЛЕ МИРОВОГО КРИЗИСА

Глобализация начала новую эпоху в мировых экономиках и есть то начало нового мирового порядка по 1990 г., которым трудно управлять и контролировать смотря на события на Ближайшем Востоке и Украине. Трудно сказать какие будут правила управления экономикой в новом экономическом прядке.

В настоящее время мировая экономика пытается оправиться после так тяжелого падения, однако одни видят мыльные пузыри в позитивных экономических показателях, а другие же предсказывают очередное дно кризиса...

Наблюдая за современной экономикой можно сделать вывод, что организация, чтобы стать гибкой и способной к изменениям, должна «раскооперироваться» в области производства. Именно таким образом ведущие компании перекинули расходы на создание резервов и утилизацию «старого» на субподрядчиков и поставщиков. Такие действия на мировом рынке позволили приспособиться к факторам вынужденного преобразования предприятий. Эти действия привели к тому, что в настоящее время транснациональные корпорации стали «пустыми изнутри», которым не нужно беспокоиться ни об амортизации основных средств, ни о создании с нуля цепочки поставок. Такие компании, обладая огромным количеством капитала, путем соответствующего гибкого управления передвигают его с места на место, поручая дочерним компаниям и партнерам оказания определенных услуг или производство товаров. В случае угрозы, каким был мировой финансовый кризис, гибкая корпорация отступает из опасной зоны, перемещая капитал в экономически привлекательные районы, не беспокоясь при этом о фактически брошенных самих на себя элементах организации.

Центрально-Восточная Европа также ощутила последствия кризиса. С 2010 года число корпоративных банкротств увеличилось на 14,1%. Наибольший рост был зафиксирован в Литве (+28,1%), Хорватии (+23,8%) и Словении (+23,2%). А снижение уровня банкротства отметили: Эстония (-27,3%), Польша (-10,1%) и Словакия (-7,8%).

Примерно через полтора года кризиса страны Центральной и Восточной Европы вступили в фазу восстановления и экономического возрождения. Средняя динамика изменений уровня ВВП указывает на это оживление. С 2010 года темп роста составил около 3,3. Самый сильный тренд ощутила в основном Польша, Чехия и Эстония. Немного слабее проявился он в Венгрии, Болгарии и Румынии. Тем не менее, динамика эта была результатом денежно-кредитной и налогово-бюджетной политики центральных банков и правительств отдельных стран.

Учитывая, в какой степени экономика стран Европейского Союза зависит от глобальных связей, улучшение конъюнктуры на глобальном уровне окажет позитивное влияние на выход из кризиса стран ЕС.

Тем не менее, существует угроза для устойчивого восстановления экономики. Это резкий рост задолженности государств. Вызвана она очень активной борьбой с кризисом. Бюджетный дефицит в странах большой двадцатки до кризиса составлял в среднем 1,1 % ВВП. Международный валютный фонд прогнозирует, что показатель долга высоко развитых стран увеличится с 80 до 110 % .

Глобальные изменения воздействуют на мир бизнеса до такой степени, что предприниматели вынуждены искать новые методы управления, что может стать началом нового экономического порядка двадцать первого века.

**К. техн. н. Завгородній В. В., к. техн. н. Ялова К. М.,
Іскандарова А. О., Зашихіна Н. В.**

Дніпродзержинський державний технічний університет

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ НАБУТТЯ ЗНАНЬ В РАМКАХ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ

Одним із важливих напрямків розвитку інформатизації освіти є нові інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ). Інформатизація освіти спрямовується на формування та розвиток інтелектуального потенціалу нації, удосконалення форм і змісту навчального процесу, впровадження комп'ютерних методів навчання та тестування, що надає можливість вирішувати проблеми освіти з урахуванням світових вимог.

Інтерактивність, інтенсифікація процесу навчання, зворотний зв'язок – це помітні переваги цих технологій, котрі зумовили необхідність їх застосування у різних галузях людської діяльності, насамперед у тих, які пов'язані з освітою та професійною підготовкою [1].

Важливість і необхідність впровадження ІКТ у навчання обґрунтовується міжнародними експертами і вченими, оскільки відкривається можливість впровадження абсолютно нових методів викладання і навчання. Удосконалення системи освіти, на основі ІКТ та їх широке впровадження в навчальний процес привело до появи віртуальних університетів, відкритої системи освіти.

Реалізація відкритої освіти може здійснюватися за рахунок дистанційного навчання (ДН), яке розглядається як одна з форм здобуття освіти, за якою опанування тим або іншим її рівнем за тією або іншою спеціальністю здійснюється в процесі навчання на відстані.

Для практичної реалізації ДН здебільшого використовують спеціалізовані інформаційні системи, які називають системами управління навчанням (СУН) або інколи – програмно-педагогічними системами [2]. Як правило, такі СУН складаються з наборів модулів, що забезпечують повноцінне ДН. Нині є доволі широкий спектр розроблених СУН, які поширюють як на комерційній основі, так і вільно. Разом із цим, є доволі багато розробок навчальних закладів «під себе», які тим самим дозволяють ефективніше взаємодіяти педагогам зі студентами і навпаки.

Запропонована авторами СУН дозволяє:

- забезпечити зручність доступу студентів і викладачів до навчальних матеріалів;
- посилити контроль за здачею студентами завдань та автоматизувати процес їх оцінювання (електронний журнал викладача);
- спростити та впорядкувати процес проведення та оцінювання модульного контролю студентів;
- надати можливість студентам відслідковувати власні показники успішності навчання.
- мінімізувати ризик порушення авторських прав авторів навчально-методичної літератури за рахунок застосування програмних механізмів заборони копіювання даних з веб-форми, завантаження ресурсів, тощо.

Передбачається реалізація СУН засобами веб-орієнтованих технологій без механізму реєстрації на сайті. Дані для авторизації користувачі отримують (на кафедрі або в деканаті) на початку навчання. За рівнем доступу до даних користувачі даної СУН розподіляються на чотири категорії:

- гість – це неавторизований користувач, який у системі має дві основні можливості: переглянути відкриту інформацію ресурсу та авторизуватися. Якщо авторизація користувача пройшла успішно, його статус змінюється у відповідності до введених даних;

- студент – це студент денної (прискореної) або заочної (перепідготовчої) форми навчання. Згідно з навчальним планом свого напрямку підготовки або спеціальності, має можливість переглянути усі надані матеріали; пройти модульний контроль (якщо доступ до нього був відкритий викладачем); переглянути (скачати) роботи (лабораторні, практичні, самостійні, контрольні) по відповідній темі та

надіслати вирішення завдання викладачу на перевірку (доступ до цих дій студента відкриває викладач). Відправка студентами розв'язків завдань та результати проходження модульних контролів автоматично відображається в електронному журналі викладача та фіксується в рамках профілю студента;

- викладач – має доступ до перегляду загального списку дисциплін та дисциплін, які він викладає в поточному семестрі та списку відповідних груп студентів; може перевірити які матеріали вже опубліковані на ресурсі (навчальна та робоча програми, конспект лекцій, лабораторні, практичні та самостійні завдання до тем цих лекцій, матеріали для виконання курсової та контрольної роботи, тести для модульних контролів). Згідно зі схемою навчання, встановленою в робочій програмі, викладач відкриває та закриває доступ до лабораторних (практичних) завдань. У момент проходження модульного контролю, викладач відкриває доступ до необхідного тесту. Після перевірки надісланих студентами вирішених завдань, викладач працює зі своїм електронним журналом;

- адміністратор – особа, яка працює з даними всіх довідників системи та завантажує вхідні навчальні матеріали системи, розроблені за встановленим шаблоном та передані в електронному вигляді викладачем.

Отже, розробка та впровадження запропонованої СУН дозволить захистити авторські права викладачів, підвищити ефективність оцінювання знань студентів та забезпечить зручність і швидкість доступу до навчально-методичних матеріалів. У зв'язку з невинним зменшенням часів аудиторного навантаження та підвищенням ролі самостійної підготовки, системи електронної та дистанційної освіти можуть виступати як ефективний інструментарій набуття знань.

Література:

1. Биков В. Ю. Проблеми створення системи моніторингу стану інформатизації загальноосвітніх навчальних закладів [Електронний ресурс] / В. Ю. Биков, А. Ю. Пилипчук // Інформаційні технології і засоби навчання. – 2007. – № 4. – Режим доступу : <http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/ITZN/em4/emg.html>
2. Легрі П. Впровадження інформаційних технологій: від лабораторій до практики / П. Легрі, П. Коллеретт, Р. Шнайдер. // Інформаційний бюлетень з міжнародної стандартизації, 2003. – № 1. – С. 113–121.

Завгородня Г. А.

Дніпродзержинський енергетичний технікум

ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ПЕРЕХОДІ ВІД ЗАОЧНОЇ ДО ДИСТАНЦІЙНОЇ ФОРМИ НАВЧАННЯ

В даний час з використанням інформаційних технологій сучасний викладач стає організатором процесу отримання знань студентів і тим самим сприяє процесу їх самоосвіти та самореалізації.

Ознайомившись зі структурою вищої освіти України, можливо зробити висновки про те, що традиційна система вищої заочної освіти зі стрімким розвитком інформаційних технологій все більш помітно відстає від денної форми навчання.

На даний час в Україні збільшується кількість людей, які бажають здобути вищу освіту. Але з цим бажанням, виникає і проблема у неможливості це зробити на денній формі навчання. Це все пов'язано з багатьма насущними проблемами, наприклад такими як: фізична неможливість (інвалідність), неможливість постійно відвідувати навчання (віддаленість університетів від місця проживання), небажання або неможливість витратити повний день на навчання (необхідність працювати).

Виходячи з цього все більшу популярність набирає заочна форма навчання. Але і вона має свої недоліки: ускладнений, а іноді і зовсім не можливий доступ до бібліотечних фондів; відсутність постійного зворотного зв'язку з викладачем; проблема контролю якості навчання; уривчастість навчального процесу та інші.

Для того щоб вирішити ці проблеми, необхідно: замінити форму заочного навчання, переглянути методики викладання дисциплін, провести нове планування навчального процесу, впровадити дистанційне навчання на основі нових інформаційні технології в практику заочного навчання.

З робіт учених [1-3], які займалися проблемами дистанційного навчання видно, що сучасний студент засвоює приблизно 70% тієї інформації, яку сам видобуває, наприклад з Всесвітньої павутини та приблизно 30% – з того, що сам чує та бачить. Є.С. Полат вважає, що заочну форму навчання не можна змішувати з дистанційною тому, що при дистанційній формі навчання забезпечується систематична і ефективна інтерактивність, причому не тільки між викладачем і учнями, але і між учнями [3].

Тому дистанційна освіта ніяк не може зашкодити заочній системі навчання, а навпаки зможе лише допомогти студентам відкрити нові можливості. В основі заочної та дистанційної форм навчання закладено один й той самий принцип – самонавчання. Крім того, в системі заочного навчання мається дуже великий досвід розробки навчальних та методичних матеріалів.

В даний час заочна система навчання поступово втрачає свої позиції перед дистанційною формою навчання, стає її альтернативою, яка позбавлена її недоліків та заснована на нових інформаційних технологіях.

Для успішної реалізації дистанційного навчання необхідні такі основні умови: доставка навчальної інформації студенту; здійснення зворотного зв'язку з викладачами; забезпечення дистанційної групової роботи там, де це необхідно.

Тому система дистанційної форми навчання поступово може зайняти вагоме місце в системі освіти, оскільки при грамотному підході може забезпечити якісну освіту, яка зможе сьогодні відповідати вимогам сучасного суспільства.

Література:

1. Шуневич Б. Дистанційна освіта: Теорії індустріалізації викладання / Б. Шуневич // Педагогіка і психологія професійної освіти. – 2002. – № 5. – С. 45–50.
2. Стрельников В. Ю. Технології дистанційного навчання у вищій школі / В. Ю. Стрельников // Нові технології навчання : науково-методичний збірник. – 2004. – № 36. – С. 41–51.
3. Полат Є. С. Визначення ефективності дистанційної форми навчання / Є. С. Полат // Якість дистанційної освіти. Концепції. Проблеми. Рішення : Матеріали міжнар. наук.-практ. конф. – М. : Изд-во ВЛАДОС-ПРЕС, 2004. – 412 с.

К. фіз.-мат. н. Карімов І. К.

Дніпродзержинський державний технічний університет

ПРО ДЕЯКІ АСПЕКТИ ДІАГНОСТИКИ ЗНАТЬ СТУДЕНТІВ З ІНФОРМАТИКИ ТА КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Обов'язковим елементом вищої освіти є діагностика знань студентів як зі спеціальності в цілому, так і в розрізі окремих дисциплін. В сучасному інформаційному суспільстві природним є застосування комп'ютерної діагностики знань.

На кафедрі інформатики та комп'ютерних технологій ДДТУ тривалий час застосовується комплексна методика, заснована на поєднанні комп'ютерного тестування з теоретичних основ дисципліни і виконання на ПК спеціально підібраних вправ, що показують ступінь засвоєння основних практичних навичок, передбачених робочою програмою дисципліни. При цьому практичні вправи перевіряються викладачем на відповідність умовам завдання шляхом перегляду передбачених умовою файлів безпосередньо за комп'ютером за присутності студента, що сприяє підвищенню оперативності та об'єктивності оцінювання знань.

Реалізація описаної методики передбачає підготовку комп'ютерного тесту, формування варіантів практичних вправ та критеріїв оцінювання. При вирішенні першої з вказаних задач необхідно підготувати банк питань, вибрати тестуючу програму і реалізувати за її допомогою конкретний тест. Перший з цих етапів – найважливіший, він потребує педагогічної майстерності викладача, оскільки пов'язаний з чітким усвідомленням мети тестування та виокремленням компетентностей, що перевіряються тестом. Інші етапи можна вважати технічними в зв'язку з наявністю цілого ряду досить непоганих програмних продуктів з приблизно однаковими можливостями та трудомісткістю реалізації (наприклад, ADSTester або TEST-W2).

При формуванні практичних вправ основна увага приділяється виокремленню конкретних елементарних задач з обробки інформації (виділенню типів вправ); формуванню з них комплексних завдань; забезпеченню рівнозначності варіантів. З формуванням типів практичних вправ нерозривно пов'язане встановлення критеріїв оцінювання. Тому важливо розбити кожну вправу на окремі пункти, які допускають однозначне оцінювання.

Як приклад нижче наведено зміст однієї з вправ, що пропонуються студентам при перевірці знань з дисципліни «Інформаційні системи і технології» в обсязі I семестру. Вправа перевіряє ступінь надбання навичок форматування тексту. Загальна ціна вправи – 10 балів. При цьому кожний явно виділений пункт оцінюється в 2 бали, ще два бали додається за початкове формування документу і вірне збереження після редагування.

Вправа 3.

Скопіювати документ *Текст1* (папка *Текст*) в папку *МОТ* і надати йому нове ім'я *Вправа3*. Відредагувати документ в середовищі Word наступним чином:

- задати параметри сторінок – розмір сторінки А5 (148x210 мм), орієнтація *Альбомная*, поля : верхнє – 2 см, нижнє – 2,3 см, ліве – 2 см, праве – 1,7 см;
 - розбити текст так, щоб на кожній сторінці було по 2 абзаци;
 - на окремій сторінці цього ж документа розмістити текст документа *Вправа2*;
 - пронумерувати всі сторінки (внизу сторінки, по центру).
- Зберегти відредагований документ на тому ж місці під тим же іменем.

Рис. 1. Приклад практичної вправи

Практика використання описаної вище технології діагностики знань студентів підтверджує основні її переваги. З точки зору студента – це об'єктивність оцінки і зрозумілість критеріїв оцінювання, з точки зору викладача – це, перш за все, простота проведення і перевірки, можливість в короткі терміни охопити значний контингент студентів. Як наслідок, описана технологія використовується як для діагностики знань з дисципліни в цілому, так і при перевірці засвоєння окремих змістових модулів.

Селуянова Т. А.

Херсонський національний технічний університет

**ОСОБЛИВОСТІ ІНТЕГРУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ВИРАЗІВ
ВІД ТРИГОНОМЕТРИЧНИХ ФУНКЦІЙ ВИДУ**

$$\int R(\sin x) \cdot \cos x \, dx \quad \text{ТА} \quad \int R(\cos x) \cdot \sin x \, dx \quad \text{У СКМ MAPLE}$$

Система комп'ютерної математики (СКМ) Maple дозволяє обчислювати невизначені інтеграли за допомогою двох інструментів:

- 1) за допомогою команди *int* безпосередньо на робочому листі;
- 2) за допомогою інструменту *Tools* → *Tutors* → *Calculus – Single Variable* → *Integration Methods* .

У роботі [1] показано, що при застосуванні цих двох інструментів до обчислення невизначених інтегралів від степенів тригонометричних функцій синус і косинус та їх добутків при застосуванні різних інструментів СКМ Maple можуть бути отримані різні за виглядом відповіді.

Вказані у назві тез функції є узагальненням описаних вище функцій. Тому логічно виявити розбіжності у застосовуваних методах інтегрування останніх функцій різними інструментами СКМ Maple.

Приклад 1. Обчислити невизначений інтеграл $\int \frac{\sin^3 x}{\cos^2 x} dx$.

За допомогою команди *int* в цьому випадку отримуємо відповідь:

$$\frac{\sin^4 x}{\cos x} + \sin^2 x \cdot \cos x + 2 \cos x + C$$

а за допомогою інструменту *Integration Methods* :

$$\cos x + \frac{1}{\cos x} + C.$$

Цікаво, що простим диференціюванням командою *diff* рівність цих значень заданого інтеграла також не виявити, оскільки отримуються різні за зовнішнім виглядом вирази.

Приклад 2. Обчислити невизначений інтеграл $\int \frac{\sin^4 x}{\cos^2 x} dx$.

За допомогою команди *int* в цьому випадку отримуємо відповідь:

$$\frac{\sin^5 x}{\cos x} + \sin^3 x \cdot \cos x + \frac{3}{2} \cos x \cdot \sin x - \frac{3}{2} x + C$$

а за допомогою інструменту *Integration Methods* :

$$\frac{1}{4} \sin 2x - \frac{3}{2} x + \operatorname{tg} x + C.$$

Таким чином, нами виявлені види невизначених інтегралів, які різними інструментами СКМ Maple обчислюються за допомогою різних методів, що приводить до формування тотожних, але різних за виглядом відповідей. Розглянуті приклади можуть застосовувати для формування у студентів більш глибокого розуміння поняття рівності невизначених інтегралів та підвищення інтересу до вивчення дисципліни вища математика.

Література:

1. Тулученко Г. Я. Организация самоконтроля знаний студентов с помощью СКМ Maple при изучении методов интегрирования тригонометрических выражений / Г. Я. Тулученко // Матеріали VII Міжнар. наук.-практ. конф. «Ключові проблеми сучасної науки». – Софія : «Бял ГРАД-БГ» ОДД, 2011. Т. 27. Педагогічні науки. – С. 43–46.

ЗМІСТ

Секція І. МЕТОДИ ОБЧИСЛЕНЬ

<i>Shumeiko A. A., Timchenko S. V.</i> Approximation of the Surface by Piecewise Smooth Sphere Fragments.....	3
<i>Безердян С. І.</i> Порівняльний аналіз апроксимаційних властивостей базисів трикутного СЕ III порядку, що отримані за допомогою методу внутрішньої конденсації.....	6
<i>Дронов С. Г.</i> Сплайн – метод повышенной точности решения краевой задачи с разрывными коэффициентами	7
<i>Дронов С. Г., Островский А. В.</i> Численные эксперименты по оценкам точности при нахождении приближенного решения краевой задачи в виде кубических сплайнов.....	8
<i>Косолап А. И., Довгопола А. А.</i> Метод точной квадратичной регуляризации для задач оптимального резервирования при нескольких ограничениях.....	9
<i>Лукашова А. М.</i> Застосування методу багатофокусної апроксимації в задачах кручення.....	11

Секція ІІ. МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ

<i>Hodes A., Loboda V., Lapusta Y.</i> An Analytically-Numerical Approach to the Analysis of an Arc Interface Crack With Loaded Sides.....	13
<i>Авраменко В. І.</i> Про «парадокси» геометричної ймовірності	16
<i>Божуха Л. М., Ткаченко І. П.</i> Про комплексний критерій фінансової безпеки.....	18
<i>Волошин Р. В., Сарапин Д. А., Бабенко М. В.</i> Математическая модель плавления утяжеленного комбинированного алюмосодержащего слитка цилиндрической формы в защитной оболочке	20
<i>Горбунов А. Д., Зайченко А. А., Павленко А. С.</i> Исследование эффективности использования водорода в малой энергетике	21
<i>Горбунов А. Д., Сигарёв Е. Н., Семенова Д. А.</i> Модель расчета нагрева азота в системе газ-огнеупор.....	23
<i>Горбунов А. Д., Уклеина С. В.</i> Инженерная методика расчета времени инерционного периода в линейных задачах теплопроводности при граничных условиях I рода.....	25
<i>Дмитриев В. И.</i> Математическое моделирование технологического параметра	28
<i>Довгалюк Б. П., Волошин Р. В., Журбицький Б. В.</i> Функціональна схема телевізійного буквено-цифрового засобу відображення інформації в АСК ТП доменної печі	30
<i>Дояр И. А., Пошивалов В. П.</i> Прогнозирование долговечности конструкционных материалов при неизотермической ползучести.....	31
<i>Дранишников Л. В.</i> Ризик-аналіз від збитку техногенних аварій.....	32
<i>Иванов В. И., Скачков В. А., Нестеренко Т. Н.</i> Моделирование массопереноса заряженных частиц при электролизе ионных расплавов	34
<i>Карімов І. К.</i> Дослідження та розробка математичних моделей місцевої термообробки великогабаритних деталей.....	36
<i>Клімов Р. О.</i> Енергозбереження в системах опалення.....	37
<i>Клімов Р. О., Сліпченко Є. В.</i> Оптимізація роботи теплових насосів.....	38
<i>Козикова Т. П., Смолянський П. С.</i> Методы локализации эволюционирующих пустот	39
<i>Коротков В. С., Коломоец В. А.</i> Моделирование металлообработки на станке с ЧПУ	41
<i>Косолап А. И., Нестеренко А. Н.</i> Математическая модель сборочного производства	42
<i>Красніков К. С., Самохвалов С. Є., Пінтюк В. П.</i> Математична модель засвоєння порошкового дроту у розплаві сталі під час продування на установці ківш-піч	44
<i>Луценко О. П., Байбуз О. Г.</i> Використання імовірнісного підходу для формалізації кількісних показників угод на фінансовому ринку	46
<i>Меньшиков Ю. Л.</i> Адекватные математические описания: определение, алгоритмы синтеза, применение	48
<i>Пигнастый О. М.</i> Положения предметно-кинетической теории производственных систем с поточным методом организации производства.....	54
<i>Романюк А. Д., Романюк Р. А.</i> Математическое моделирование в задачах биомеханики конечностей человека.....	56

<i>Ротар І. О., Надригайло Т. Ж.</i> Математичне та комп'ютерне моделювання розподілу радону у приміщеннях навчального корпусу ДДТУ	58
<i>Рыжов А. Ф., Милашенко Н. С., Омельницькая В. Е.</i> Математическое моделирование процесса сушки влажных дисперсных материалов в агрегатах бесконтактного способа нагрева.....	60
<i>Самохвалов С. Є., Кравчук О. В.</i> Математична модель зарядженого тіла в теорії відносності зарядів та мас	62
<i>Северін Е. Н.</i> До переваг ортогонального планування складу комплекту стандартних зразків для спектрального аналізу металів	63
<i>Сигарёв Е. Н., Сокол А. Н.</i> Компьютерное моделирование нанесения шлакового гарнисажа на футеровку конвертора при разных положениях фурмы.....	66
<i>Черномурова Л. О., Наконія М. Р.</i> Порівняльний аналіз бутстрап-моделей для прогнозування часових рядів	68
<i>Чичкарев Е. А., Сидун Н. Н., Володин А. С., Чичкарев К. Е.</i> Моделирование процессов перемешивания и удаления неметаллических включений при продувке расплава инертным газом в промежуточном ковше.....	70
<i>Шинкаренко В. І., Васецька Т. М.</i> Моделювання процесу адаптації алгоритмів архівації засобами конструктивно-продукційних структур.....	71
<i>Шумейко О. О., Кнуренко В. М.</i> Побудова профілів IRT за допомогою сплайнів, які зберігають середнє значення.....	74

Секція III. АЛГОРИТМИ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

<i>Авдєєв В. С.</i> Розпізнавання розмитих образів у аналізі крові з метою діагностики алергічних захворювань	76
<i>Васильєв І. О., Косухіна О. С.</i> Методи спільного застосування генетичного та автоматного програмування на прикладі задачі побудови автопілота для спрощеної моделі гелікоптера	77
<i>Горюнова Н. С.</i> Планування маршруту руху робота з використанням нейронних мереж.....	80
<i>Долгополов І. С., Шкляренко Ю. В.</i> Разработка алгоритмов расчета агрегата для обжига клинкера с целью повышения его энергетической эффективности	83
<i>Долгополов І. С., Сінютіна Н. М.</i> Розробка алгоритмів для дослідження енергетичної ефективності біогазової установки для фермерського господарства.....	83
<i>Дранишников Л. В., Денисенко В. М., Найверт О. В.</i> Автоматизована система раннього виявлення загрози виникнення надзвичайних ситуацій та оповіщення на території небезпечного об'єкту підприємства	84
<i>Дранишников Л. В., Становський Ю. А.</i> Розробка програмного забезпечення АІС «Житлове-комунальне підприємство м. Дніпродзержинськ».....	86
<i>Єгоров С. О.</i> Автоматизована система тестування WEB-форм з застосуванням методики Pairwise testing.....	87
<i>Жульковская И. И., Жульковский О. А., Николаенко Ю. В.</i> Особенности представления граничных значений числовых данных в формате с плавающей запятой.....	89
<i>Жульковский О. А., Жульковская И. И., Шаганенко Р. Г.</i> Обработка субнормальных чисел IEEE-стандарта	89
<i>Луковский І. В.</i> Дослідження методів геопозиціонування в закритому середовищі.....	90
<i>Полиский Ю. Д.</i> Выбор критерия принадлежности числа данной половине диапазона в системе остаточных классов	91
<i>Полиский Ю. Д.</i> Выполнение немодульной операции деления на два в системе остаточных классов	93
<i>Полиский Ю. Д.</i> ОБ Ускорении определения принадлежности числа данной половине диапазона в системе остаточных классов.....	94
<i>Поторянська В. А.</i> Розробка обліку та формування звітності відділу кадрів	96
<i>Скачко А. С., Белькова А. И., Гринько А. Ю.</i> Разработка критериев и соотношений для описания условий согласования металлического и шлакового расплавов в горне доменной печи	98

<i>Тогобицкая Д. Н., Бабаченко А. И., Козачек А. С., Кононенко А. А., Головка Л. А.</i>	
Прогнозирование механических свойств колесной стали на основе параметров межатомного взаимодействия с учетом температурного режима обработки.....	101
<i>Циватая Н. А., Степаненко Д. А., Лихачев Ю. М., Ходотова Н. Е.</i>	
Моделирование процессов распределения щелочей в современных условиях работы доменных печей...	103
<i>Шинкаренко В. И., Забула Г. В.</i>	
Модель адаптации структур данными средствами конструкционно-производственных структур.....	105
<i>Шинкаренко В. И., Куропятник Е. С.</i>	
Формализованная спецификация текста и его графовой модели средствами конструктивно-производственных структур.....	109
<i>Шкурко О. А., Дранишников Л. В.</i>	
Витяг інформації з текстів. Сентиментальний аналіз.....	112
<i>Шумейко О. О., Вовченко Д. Ю.</i>	
Використання формату JPEG для стеганографічного захисту інформації.....	113
<i>Ялова К. М., Ильченко С. О.</i>	
Автоматизація обліку запасів державної установи.....	114

Секція IV. КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ

<i>Бойко Я. М., Завгородній В. В.</i>	
Організація самостійної роботи студентів Дніпродзержинського економічного коледжу з дисципліни «Інформатика та комп'ютерна техніка».....	116
<i>Дырка С.</i>	
Тенденции в управлении глобальной экономикой после мирового кризиса.....	118
<i>Завгородній В. В., Ялова К. М., Искандарова А. О., Зашихина Н. В.</i>	
Автоматизація процесу набуття знань в рамках системи дистанційного навчання.....	119
<i>Завгородня Г. А.</i>	
Використання сучасних інформаційних технологій при переході від заочної до дистанційної форми навчання.....	121
<i>Карімов І. К.</i>	
Про деякі аспекти діагностики знань студентів з інформатики та комп'ютерних технологій.....	123
<i>Селуянова Т. А.</i>	
Особливості інтегрування раціональних виразів від тригонометричних функцій виду $\int R(\sin x) \cdot \cos x dx$ та $\int R(\cos x) \cdot \sin x dx$ у СКМ Maple.....	124

Наукове видання

Мови видання: українська, російська, англійська

ПРОБЛЕМИ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Матеріали Всеукраїнської науково-методичної конференції
(27–29 травня 2015 року • м. Дніпродзержинськ)

Окремі доповіді друкуються в авторській редакції

Організаційний комітет не завжди поділяє позицію авторів

За точність викладеного матеріалу відповідальність покладається на авторів

Відповідальний редактор *Біла К. О.*

Комп'ютерна верстка та дизайн обкладинки *Біла К. О.*

Здано до друку 21.05.15. Підписано до друку 25.05.15. Формат 60x84¹/₁₆.
Спосіб друку – плоский. Ум. др. арк. 6,5. Тираж 100 пр. Зам. № 0515-2/1.

Видавець та виготовлювач СПД Біла К. О.

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів видавничої справи
ДК № 3618 від 06.11.09

Надруковано на поліграфічній базі видавця Білої К. О.
Україна, 49000, м. Дніпропетровськ, пр. К. Маркса, 111, оф. 17

тел. +38 (067) 972-90-71