

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
Київський інженерно-будівельний інститут

На правах рукопису

МАДІ МАЛІК Хасан

**ГРАФОАНАЛІТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ
В ЦІЛОМУ РЕГУЛЯРНИХ ФІЗИЧНИХ
ПРОЦЕСІВ В ПРОСТОРІ ПАРАМЕТРІВ**

Спеціальності:

05.01.01 — Прикладна геометрія та інженерна графіка

Автореферат
дисертації на здобуття вченого ступеня
кандидата технічних наук

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00814571 (Q)

Робота виконана у Львівському політехнічному інституті.

Науковий керівник — доктор технічних наук, професор Калиновська О. П.

Науковий консультант — доцент Глогівський В. В.

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор Філіпов П. В.;
кандидат технічних наук Сафронєєв І. В.

Провідна організація — Тернопольський комбінат хлібопродуктів (м. Тернопіль).

Захист відбудеться *21 квітня* 1993 р. о 13 год. на засіданні спеціалізованої ради Д 068.05.03 в Київському інженерно-будівельному інституті (252037, Київ, Повітрофлотський проспект, 31, аудиторія 319).

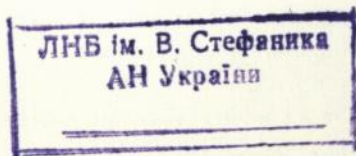
З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Київського інженерно-будівельного інституту.

Автореферат розіслано *20 березня* 1993 р.

Вчений секретар
спеціалізованої ради,

кандидат технічних наук, доцент

ПЛОСКИЙ В. О.



ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ.

Актуальність. Моделювання фізичних процесів було і залишається одним із пріоритетних напрямків в природознавстві. Характерним для останніх десятиріч є бурхливий розвиток математичного моделювання стаціонарних систем і динамічних процесів у конфігураційних і фазових просторах. Важливу роль тут відіграла теорія особливостей і катастроф при дослідженні біфуркацій і, взагалі, сингулярних систем і процесів.

Ці (та інші) методи локального моделювання відсунули в тінь моделювання регулярних процесів в цілому, можливості якого здавалися вичерпаними. Однак є підстава і необхідність внести корективи в цей "діагноз".

Традиційно і переважно регулярний n -параметричний процес характеризується набором часткових залежностей (режимів) між його параметрами. Таке моделювання, звичайно, вимагає трудомісткого і дорогоцінного експерименту, не дає загальної картини процесу, суттєво ускладнює його дослідження, а корекцію, і тим більше керування процесом, робить практично неможливим.

Очевидно, що в сучасних умовах виробництва усунення, (хоча б часткове) вказаних недоліків є особливо актуальним.

Мета дослідження полягає в розробці методу математичного моделювання регулярного багатопараметричного процесу в цілому в експериментальній та позаекспериментальній областях одним рівнянням або одним геометричним многовидом для мінімізації об'єму базисного експерименту, дослідження процесу і його корекції, складання "банку моделей", а також у застосуванні нового методу для моделювання тепло-масообмінних процесів у лабораторних та заводських умовах.

Для реалізації вказаної мети в роботі розв'язані завдання:

- виведено фундаментальні рівняння регулярного n -параметричного процесу і мінімізовано відповідний базисний експеримент;
- визначено число часткових режимів досліджуваного процесу і сингулярні симетрії розв'язків діофантових рівнянь при моделюванні;
- введено моделювання в лінійчатому просторі та просторі диференціально-геометричних параметрів;

- запропоновано принципи геометричної (афінної і проєктивної) класифікації процесів і на їх основі формування "банку моделей";
- розроблено векторне V -відображення 4-параметричних процесів і диференціально-геометричний епюр для 3-параметричних процесів;
- апробовано новий метод на експериментальних результатах досліджень процесів нагріву гранул комбікорму, фільтраційної сушки картону та конвективної сушки зерна.

Методика досліджень. Для моделювання застосовувались методи алгебраїчної і диференціальної (зокрема, лінійчатої) геометрії, для графічного відображення моделей - методи нарисної геометрії в їх проєкційних і аксіоматичних варіантах.

Теоретичною базою проведених досліджень стали роботи М.І.Кованцова, А.П.Нордена, С.П.Фінікова (лінійчаті комплекси і конгруенції), Р.Н.Schoute, D.M.Sommerville, І.І.Первіковій, П.В.Філіпова, В.П.Радішева, М.С.Гумена (геометрія n -просторів), І.С.Джапарідзе, В.Є.Михайленко, В.С.Обухової, О.Л.Підгорного, С.М.Ковальова (формування поверхнею і графічні відображення), О.В.Ликова, А.С.Гінзбурга, О.П.Калиновської (тепло-масообмінні процеси).

Наукову новизну роботи складають:

- теоретичні основи Математичного моделювання регулярних багатопараметричних процесів в цілому;
- моделювання в лінійчатому просторі і просторі диференціально-геометричних параметрів;
- диференціально-геометричний і векторний V -епюр для графічного відображення моделей;
- системний підхід до формування "банку моделей".

Практична цінність. Розроблений метод дозволяє:

- мінімізувати базисний експеримент для виведення рівняння процесу;
- досліджувати процес шляхом отримання нових часткових залежностей між його параметрами без додаткових експериментів;
- екстраполювати процес в позаекспериментальну область;
- вести цілеспрямовану корекцію процесу;
- формувати "банк моделей" для наступної їх ідентифікації з реальними конкретними процесами;

- моделювати тепло-масообмінні процеси нагріву гранул комбікорму, фільтраційної сушки картону та сушки зерна;

- коректувати процес сушки зерна.

На захист виводяться:

- виведення рівняння процесу;

- моделювання в лінійчатому просторі і просторі диференціально-геометричних параметрів;

- операції на моделях;

- векторне V -відображення і натуральний епюр;

- формування "банку моделей";

- геометрична класифікація процесів;

- синтез просторових кривих.

Реалізація роботи. Практичне впровадження результатів дисертаційної роботи здійснено на Тернопільському комбінаті хлібопродуктів.

Загальний річний економічний ефект на одній зерносушильній установці типу ДСП-32 становить 12 тис. крб.

Апробація роботи. Основні положення і результати роботи доповідались і обговорювались на:

- республіканській науково-методичній конференції "Усовершенствование методики преподавания графических дисциплин и машинной графики", Рівне, 1990;

- X Всесоюзному науково-методичному семінарі "Инженерная и машинная графика", Полтава, 1990;

- Міжнародній науково-методичній конференції "Проблемы графической технологии", Севастополь, 1991;

- Міжнародному симпозиумі "Графическая информация: геометрические, аппаратурные, программные и методологические аспекты", Севастополь, 1992;

- Міжнародній конференції з сущиння 2-го Міжнародного форуму з тепло- і масообміну, Київ, 1992;

- Всеукраїнській науково-методичній конференції "Перспективы развития машинной графики в преподавании графических дисциплин", Одеса, 1992;

- науково-методичних конференціях кафедри нарисної геометрії та графіки Львівського політехнічного інституту (м.Львів, 1990-1992 р.р.), а також на семінарах кафедри Київського інженерно-

При цьому $X_{11}, \dots, X_{C_m^n}$ приймають послідовно від рівняння до рівняння системи (3) значення параметрів експериментальних точок.

Після виведення рівняння (2) знаходження функціоналів

$$F(x_1, \dots, x_n) = 0 \wedge f(x_{i_1}, \dots, x_{i_{n-1}}) = 0 \Rightarrow J_{(x_k)} = \varphi(f(x_{i_1}))$$

$$(x_k \neq x_{i_1} \neq x_{i_2} \dots \neq x_{i_{n-1}})$$

і нових часткових залежностей

$$\sum_{j_1, \dots, j_s, j_{s+2}, \dots, j_n=0}^n \varphi_x(\mathbb{E}) x_1^{j_1} \dots x_s^{j_s} x_{s+2}^{j_{s+2}} \dots x_n^{j_n} = 0$$

може бути проведено без додаткових (до базисного) експериментів шляхом перерізу поверхні σ_m^n (2) координатними $(n-1)$ -, $(n-2)$ -,
 3-, 2-плоскостями. Некоординатні (не обов'язково плоскі)
 перерізи поверхні σ_m^n встановлюють

$$\sum_{l=2}^s l \frac{n!}{l!(n-l)!} \quad (s = \lfloor \frac{n}{2} \rfloor)$$

бієктивних відповідностей

$$\varphi(x_1, \dots, x_n) = 0 \Leftrightarrow \begin{cases} \varphi(x_2, \dots, x_n) = 0 \\ \varphi(x_1, x_3, \dots, x_n) = 0 \\ \dots \\ \varphi(x_1, \dots, x_{n-2}, x_r, \dots, x_n) = 0 \\ \varphi(x_1, \dots, x_{r-1}, x_{r+1}, \dots, x_n) = 0 \end{cases}$$

Ця частина досліджень закінчується викладом принципу геометричної (афінної) класифікації процесів.

В табличній формі подані числа (1) лінійно незалежних точок, які визначають m -поверхню в n -просторі ($1 \leq m, n \leq 12$).

Крім регулярної симетрії, яка підкреслена трикутною формою таблиці, має місце і сингулярна

$$C_{14}^2 = C_7^3 = 119, \quad C_{19}^2 = C_6^4 = 209, \quad C_{54}^2 = C_{19}^3 = 1539, \quad C_{76}^2 = C_8^6 = C_{10}^5 =$$

$$= 3802, \quad C_{116}^2 = C_{33}^3 = 7139, \quad C_{151}^2 = C_{14}^6 = 11627, \quad C_{219}^2 = C_9^8 = 24309$$

на числовому проміжку $1, \dots, 3 \cdot 10^6$.

Числа C_m^n на проміжку $1 < m \leq 400$ і $1 < n \leq 3$ подані в додаткових таблицях.

Отак залишається відкритим питання про загальне число і області існування всіх розв'язків. Завершується розділ розглядом одномірного аналогу задачі Ферма про дотик сфер та формалізованої "конформності" проєктивної геометрії в R^1 .

Існуючі методи моделювання багатопараметричних регулярних процесів, наскільки відомо автору, реалізуються винятково в точковому просторі. Наступна частина роботи присвячена моделюванню в лінійчатому просторі. Таким чином, тут моделями процесів є лінійчаті поверхні, конгруенції і комплекси.

Детально розглянуті моделі, що являють собою спеціальні невироджені та вироджені комплекси і конгруенції, які входять в ці комплекси.

Потім викладено принцип геометричної (проєктивної) класифікації процесів, що ґрунтується на взаємному розміщенні інфлекційних центрів променів комплексу.

Для графічного (проєкційного і незалежного (аксіоматичного)) відображення моделей використано як традиційні методи (епюр Монжа, Скоуте, комплексний епюр, аксонометрія), так і авторські ("натуральний епюр", векторне V-відображення).

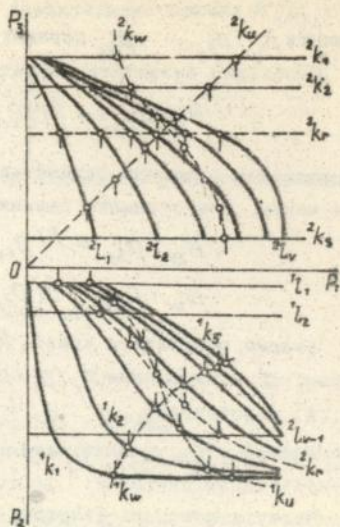
Традиційно багатопараметричні процеси зображаються набором плоских діаграм часткових двопараметричних режимів, не з'єднаних між собою і обмежених визначеними залежностями. Але є можливість здійснити системний підхід до вирішення цієї проблеми, який дозволяє знаходити теоретично нові часткові залежності, вести корекцію і керувати процесом (рис. 1).

На цьому рисунку маємо експериментальні 2-параметричні залежності (часткові режими або характеристики) регулярного 3-параметричного процесу $P(p_1, p_2, p_3)$ при відповідно фіксованих

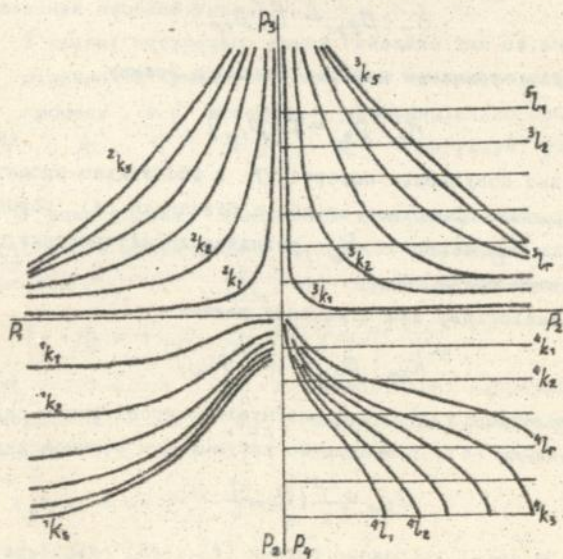
$$k_1: p_{21} = f(p_1)$$

$$k_2: p_{22} = f(p_2)$$

$$k_s: p_{2s} = f(p_{2s})$$



Puc. 1



Puc. 2

значеннях $p_{3_1}, p_{3_2}, \dots, p_{3_s}$ параметра p_3 .

Необхідно визначити характеристику

$$k_r: p_{2r} = f(p_{1r}).$$

що відповідає значенню параметра p_{3r} і провести корекцію процесу таким чином, щоб отримати режими

$$k_u: p_{3u} = f(p_{1u}).$$

$$k_w: p_{2w} = f(p_{1w}).$$

Будемо розглядати криві k_1, k_2, \dots, k_s як перерізи поверхні σ' площинами $\pi_1(p_3=p_{3_1}), \pi_2(p_3=p_{3_2}), \dots, \pi_s(p_3=p_{3_s})$ (рис. 1) і побудуємо

$$L_1 = \sigma' \cap \eta_1(p_2=p_{2_1}), L_2 = \sigma' \cap \eta_2(p_2=p_{2_2}), \dots, L_v = \sigma' \cap \eta_v(p_2=p_{2_v})$$

Переріз поверхні (каркасу) σ' площиною $\pi_q(p_3=p_{3_q})$ який побудовано за допомогою ліній L_1, L_2, \dots, L_v дає шукану характеристику

$$k_r: p_{2r} = f(p_{1r}).$$

Для отримання наперед заданого режиму

$$k_u: p_{3u} = f(p_{1u}) \quad (4)$$

необхідно побудувати переріз σ' з фронтально-проектуючою циліндричною поверхнею згідно з рівняннями (4). Горизонтальна проекція k_u перерізу k_u визначає характеристику $p_{2u} = f(p_{1u})$, що забезпечує режим (4).

Аналогічно для отримання режиму

$$k_w: p_{2w} = f(p_{1w}) \quad (5)$$

будуємо переріз σ' з горизонтально-проектуючим циліндром, згідно з рівняннями (5), і знаходимо керуючу цим режимом характеристику

$$p_{3w} = f(p_{1w}).$$

На рис.1 зображено режими (4) і (5) - лінійний і гіперболічний.

Якщо 4-параметричний процес допускає фіксацію 4-го параметру (і тільки його) при зміні трьох інших, то він може моделюватися

поверхнею σ в R^3 як неперервною множиною просторових кривих.

При цьому кожна крива k_j характеризує процес $P(\rho_1, \rho_2, \rho_3)$ в параметричній формі

$$\left. \begin{aligned} {}^1k_j: \rho_{2j} &= f(\rho_{1j}), \\ {}^2k_j: \rho_{3j} &= f(\rho_{1j}). \end{aligned} \right\}$$

Дослідити такий процес можна шляхом графічного переходу до явної форми

$$\rho_{3j} = \varphi(\rho_{2j})$$

і наступних операцій на каркасі поверхні

$$F(\rho_2, \rho_3, \rho_4) = 0,$$

як множини поверхневих перерізів $\rho_4 = \rho_{41}, \rho_4 = \rho_{42}, \dots$ (рис. 2).

Далі розглянуто можливості моделювання 3- і 4-параметричних процесів у цілому в просторі диференціально-геометричних параметрів (кривизни k та скруту κ), представлено спосіб системного формування "банку моделей" на основі конструювання просторових кривих-моделей, які синтезують диференціальні властивості відомих плоских кривих.

На рис. 3 подані натуральні епюри (названо так за аналогією з натуральними рівняннями кривих) просторових кривих-моделей 3-параметричного процесу в просторі диференціально-геометричних параметрів S, k, κ , де k і κ - регулярні функції від довжини дуги S .

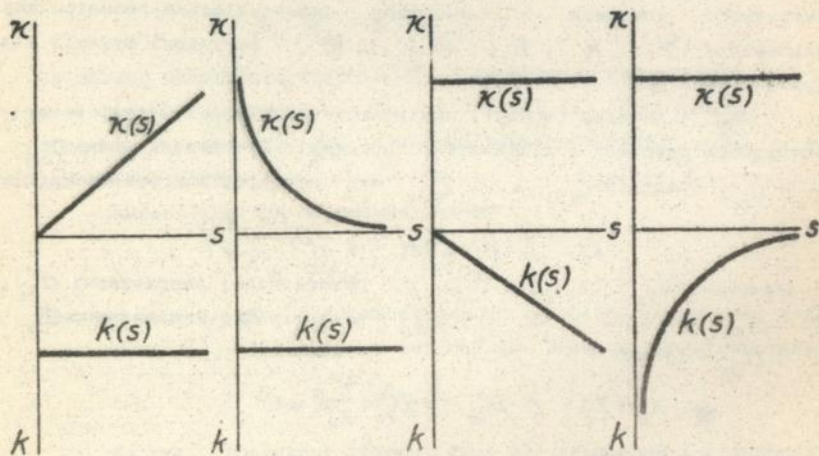
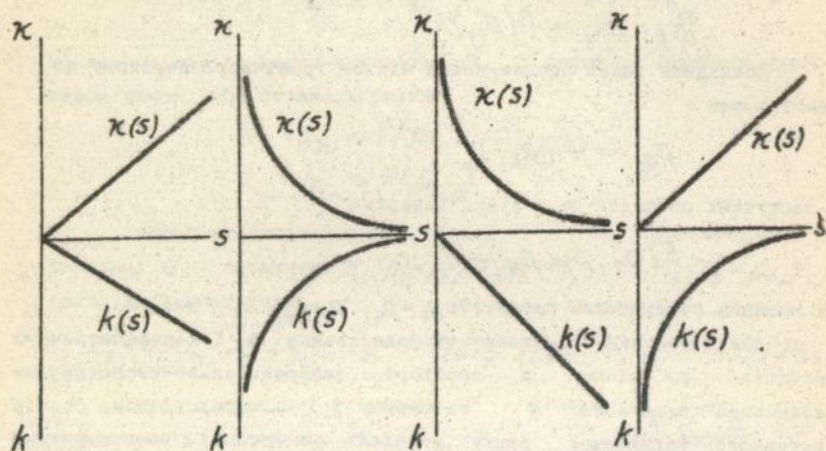
Рис. 4 - епюр (Монжа) лінійчатої конгруенції-моделі 3-параметричного процесу в лінійчатому просторі. Тут подані прямі g_{31j}, \dots, g_{35j} коноїдів $\xi_{31}, \dots, \xi_{35}$, які належать конгруенції G при

$$\rho_4 = \varphi(\rho_1, \rho_{30}) = \frac{1}{4}(\rho_1^2 \cdot \rho_{30}^2)$$

і значеннях $\rho_{30} = 2, 3, 4, 5, 6$ і $\rho_{20} = 1$. Прямолінійні направляючі d'_{31}, \dots, d'_{35} коноїдів $X_1 = 0, X_5 = \rho_{30}$ криволінійні направляючі $d''_{31}, \dots, d''_{35}$ - кубики

$$X_2 = X_1 + \frac{1}{4} \rho_{30}^4 \cdot \frac{1}{4} \rho_{30}^4 \cdot \frac{1}{X_1^2},$$

площина паралелізму $X_1 - X_2 = 0$.



$$\left. \begin{aligned} x_3 &= -\rho_1 x_1 + \rho_3 \\ x_2 &= \rho_{20} x_1 + \varphi(\rho_1, \rho_3) \end{aligned} \right\}$$

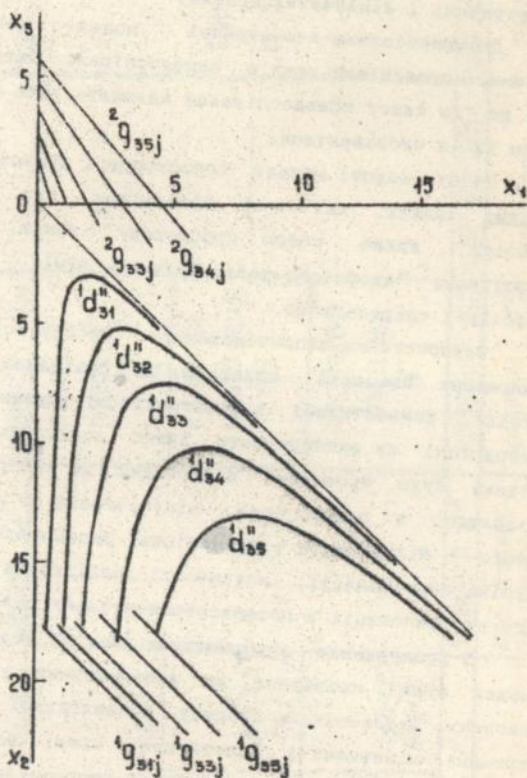


Рис. 4

Теоретичний розділ дисертації закінчується трьома таблицями. В табл. 1 для зручності зіставлення зведено відомі і запропоновані методи моделювання і графічного відображення (назви авторських методів обведені потовщеними рамками).

Табл. 2,3 являють собою фрагмент банків диференціально-геометричних і лінійчатих моделей.

Диференціально-геометричні моделі банку комплектуються лініями, проєкціями яких є псевдоспіралі. Такий вибір пояснюється тим, що до класу псевдоспіралей належить дуже широкий спектр ліній разом із їх евольвентами.

Назву кожної моделі (просторової кривої) сформовано з назв плоских кривих, які є її проєкціями. Так, наприклад, "бінарна клофоїда" являє собою просторову лінію, проєкції якої є клофоїдами; "клофоїдне-логарифмічна" - лінія, яка має як проєкції клофоїду і спіраль тощо.

Використання запропонованого способу моделювання до реальних конкретних процесів показано на прикладах досліджень процесу нагріву, конвективної і фільтраційної сушки. З цією метою були використані як експерименти інших дослідників, так і авторські. Останні були проведені відповідно до розробленої методики. Це дозволило, з одного боку, мінімізувати об'єм експерименту, а з іншого - підтвердити ефективність запропонованого методу (високий ступінь апроксимації, можливості дослідження і корекції процесу та його екстраполяції в позаекспериментальну область).

З урахуванням використання способу моделювання в промислових умовах були проведені на лабораторних установках дослідження основних залежностей процесу конвективної сушки зерна пшениці. Отримані кінетичні і температурні криві. Можливість екстраполяції даних залежностей з використанням запропонованого в роботі способу моделювання дозволяє оптимізувати роботу промислових зерносушарок, що забезпечує зниження енергетичних затрат, витрати теплоносіїв. Очікуваний річний економічний ефект від впровадження результатів дослідження на Тернопільському комбінаті хлібопродуктів стосовно до зерносушарок типу ДСП-32 складає 12 тис.крб.

Розрахунки середньої відносної похибки апроксимації кривих, які описують процеси нагріву гранул комбікорму і фільтраційної сушки картоплі, КВ, показали, що її значення не перевищує 3 %.

ПРОЦЕС		ПРОСТІР	МОДЕЛЬ	ГРАФІЧНЕ	ВІДОБРАЖЕННЯ
				ПРОЕКЦІЙНЕ	АКСІОМАТИЧНЕ
$F(p_1, p_2, p_3) = 0$	$p_3 = p_3(p_1, p_2)$	ТОЧКОВИЙ R^3	ПОВЕРХНЯ σ_m^3	ЕТОРИ МОНЖА ТА ФЕДОРОВА	ЦИКЛОГРАФІЯ ФІДЛЕРА
	$p_2 = p_2(p_1)$ $p_3 = p_3(p_1)$		ПРОСТОРОВА КРИВА σ_m^3		
	$k = k(s)$ $x = x(s)$	ДИФ.-ГЕОМЕТ- РИЧНЕ D^3	ПРОСТОРОВА КРИВА d_m	—	НАТУРАЛЬНИЙ /ДИФ.-ГЕОМ./ЕТОР
$F(p_1, \dots, p_n) = 0$	$x_3 = p_1 x_1 + p_3$ $x_2 = p_2 x_2 + \varphi(p_i)$ $x_3 = p_1 x_1 + p_3$ $x_2 = \varphi(p_i) x_1 + p_4$ ($i=1,2,3$)	L^3	ЛІНІЙЧАТА ПОВЕРХНЯ γ	—	ТАНГЕНЦІАЛЬНЕ σ -ВІДОБРАЖЕННЯ
	$x_3 = p_1 x_1 + p_3$ $x_2 = p_2 x_1 + \varphi(p_i, p_j)$ $x_3 = p_1 x_1 + p_3$ $x_2 = \varphi(p_i, p_j) x_1 + p_4$ ($i, j=1,2,3$ $i \neq j$)		ЛІНІЙЧАТА КОНФУРЕНЦІЯ σ		
	$x_3 = p_1 x_1 + p_3$ $x_2 = p_2 x_1 + \varphi(p_i, p_j, p_k)$ $x_3 = p_1 x_1 + p_3$ $x_2 = \varphi(p_i, p_j, p_k) x_1 + p_4$ ($i, j, k=1,2,3$ $i \neq j = k$)		ЛІНІЙЧАТИЙ КОМПЛЕКС Γ		
$f(p_1, p_2, p_3, p_4) = 0$	ТОЧКОВИЙ R^4	ПОВЕРХНЯ σ_m^4	ЕТОР ФЕДОРОВА	ВЕКТ.- ν -ВІДОБРАЖ.	
$k = k(s)$ $x = x(s)$ — $(k, x) = \varphi(p_{20})$	ДИФ.-ГЕОМЕТ- РИЧНИЙ D^3	ПОВЕРХНЯ σ_m^3	—	НАТУРАЛЬНИЙ /ДИФ.-ГЕОМ./ЕТОР	
$f(p_1, p_2, p_3, \dots, p_n) = 0$	ТОЧКОВИЙ R^n	ПОВЕРХНЯ σ_m^n	ЕТОР СКОУТЕ	ЕТОР РАДИШЕВА	

ВІДОМІ ТА ЗАПРОПОНОВАНІ МЕТОДИ Т-МОДЕЛЮВАННЯ

ЧИСЛО ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ	$k=k(s)$ $\kappa=\kappa(s)$		ГРАФІЧНЕ ВІДОБРАЖЕННЯ
	М О Д Е Л Ь		
	РІВНЯННЯ /НАТУРАЛЬНІ/	ГЕОМЕТРИЧНИЙ МНОГОВИД	
	$\left. \begin{array}{l} k=ab^m \\ \kappa=bs^n \end{array} \right\}$	БІНАРНА ПСЕВДОСПІРАЛЬ	Е П О Р М О Н Ж А
	$m=1, n=1$	БІНАРНА КЛОФОІДА	
	$m=-1, n=-1$	БІНАРНА ЛОГАРИФМІЧНА СПІРАЛЬ	
	$m=1, n=-1$	КЛОФОІДНА ЛОГАРИФМІЧНА СПІРАЛЬ	
	$m=-1, n=1$	СПІРАЛЬНА КЛОФОІДА	
	$m=1/2, n=1/2$	БІНАРНА ЕВОЛЬВЕНТА КОЛА	
	$m=1, n=1/2$	КЛОФОІДНА ЕВОЛЬВЕНТА	
	$m=1/2, n=1$	ЕВОЛЬВЕНТНА КЛОФОІДА	
	$\left. \begin{array}{l} k=(a/a_2-s)^{1/2} \\ \kappa=(b/b_2-s)^{1/2} \end{array} \right\}$	БІНАРНА /ЕПІ-, ГІПО-/ ЦИКЛОІДА	
	$\left. \begin{array}{l} k=(a/a_2-s)^{1/2} \\ \kappa=(bs^n) \end{array} \right\}$	ЦИКЛОІДАЛЬНА ПСЕВДОСПІРАЛЬ	
	$\left. \begin{array}{l} k=as^m \\ \kappa=(b/b_2-s)^{1/2} \end{array} \right\}$	ПСЕВДОСПІРАЛЬНА ЦИКЛОІДА	
	$\left. \begin{array}{l} k=a/a_2-s^2 \\ \kappa=b/b_2-s^2 \end{array} \right\}$	БІНАРНА КАРДІОІДА	
	$\left. \begin{array}{l} k=a/a_2-s^2 \\ \kappa=bs^n \end{array} \right\}$	КАРДІОІДНА ПСЕВДОСПІРАЛЬ	
	$\left. \begin{array}{l} k=as^m \\ \kappa=b/b_2-s^2 \end{array} \right\}$	ПСЕВДОСПІРАЛЬНА КАРДІОІДА	

ВИДИ ДИФЕРЕНЦІЙНО-ГЕОМЕТРИЧНИХ МОДЕЛЕЙ

ЛІНІЙЧАТИЙ ПРОСТІР

$$\left. \begin{aligned} \rho_3 &= -\rho_1 x_1 + \rho_3 \\ \rho_4 &= -\rho_2 x_1 + \rho_4 \end{aligned} \right\}$$

МОДЕЛІ		ГРАФІЧНЕ ВІДОБРАЖЕННЯ
АНАЛІТИЧНЕ ПРЕДСТАВЛЕННЯ /ТАНГЕНЦІАЛЬНІ КООРДИНАТИ/	ГЕОМЕТРИЧНІ МНОГОВИДИ	
$\rho_4 = \rho_4(\rho_1)$	КОНОЇД ξ	Е П Д Р МОНКА
$\rho_4 = \rho_4(\rho_2)$	ПЛОЩИНА ϵ	
$\rho_4 = \rho_4(\rho_3)$	ЦИЛІНДРИЧНА ПОВЕРХНЯ ζ	
$\rho_2 = \rho_2(\rho_1)$	КОНІЧНА ПОВЕРХНЯ ω	
$\rho_4 = \rho_4(\rho_1, \rho_3)$	КОНГРУЕНЦІЯ $G^{(3)} = \xi_1, \xi_2, \dots$	Е П Д Р МОНКА
$\rho_4 = \rho_4(\rho_2, \rho_1)$	КОНГРУЕНЦІЯ $G^{(1)} = \epsilon_1, \epsilon_2, \dots$	
$\rho_4 = \rho_4(\rho_3, \rho_2)$	КОНГРУЕНЦІЯ $G^{(1)} = \zeta_1, \zeta_2, \dots$	
$\rho_2 = \rho_2(\rho_1, \rho_4)$	КОНГРУЕНЦІЯ $G^{(4)} = \omega_1, \omega_2, \dots$	Е П Д Р МОНКА
$\rho_4 = \rho_4(\rho_1, \rho_2, \rho_3)$	КОМПЛЕКС $\Gamma^{(i)} [i=1, \dots, 4]$	

Т - МОДЕЛІ ТА ГРАФІЧНЕ ВІДОБРАЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ

Візуалізація залежностей тепло-масобмінних процесів з отриманням твердих копій графіків, а також розрахунок ступеня апроксимації виконувались на персональному комп'ютері IBM.

ЗАКЛЮЧЕННЯ

1. Відомі способи математичного моделювання регулярних п-параметричних процесів реалізуються виключно в точковому просторі і характеризують ці процеси локально. Запропонований метод допускає моделювання також в лінійчатому просторі і в просторі диференціально-геометричних параметрів, і - в межах його застосування - охоплює процес в цілому.

2. В основі методу лежить ідея подання регулярного п-параметричного процесу одним рівнянням (одним многовидом) в просторі його параметрів. При цьому моделями процесу є поверхні і гіперповерхні (в точковому просторі), лінійчаті конгруенції і комплекси (в лінійчатому просторі), просторові криві і їх множини (в просторі диференціально-геометричних параметрів).

3. Моделювання в цілому дозволяє мінімізувати об'єм базисного і, як правило, трудомісткого і дорогоцінного фізичного експеримента і зробити останній точно визначеним за процедурою. Після отримання рівняння дослідження процесу проводиться без додаткових експериментів і полягає у визначенні часткових залежностей (характеристик) між окремими параметрами шляхом перетину моделі координатними і довільно розміщеними площинами і кривими поверхнями.

4. Розроблена методика забезпечує перевірку надійності екстраполяції процесу в позаекспериментальну сферу. З цієї метою в базисному експерименті визначаються миттєві стани процесу ("фазові точки") в кількості і на інтервалі (в області) заздалегідь, більших, ніж необхідно, і використовуються для виведення рівняння процесу. Тоді надлишкові (контрольні) значення параметрів служать для визначення точності екстраполяційної апроксимації.

5. При моделюванні в цілому можна певною мірою керувати процесом шляхом цілеспрямованої зміни його окремих характеристик. Крім цього, запропонований метод робить принципово можливою геометричну (орбітну і проєктивну) класифікацію процесів і дозволяє

формувати "банк моделей для їх наступної ідентифікації з конкретними реальними процесами.

6. Для графічного відображення моделей запропоновано "натуральний епюр" і векторне V -відображення з номограмою. Натуральний епюр введено для відображення 3-, 4-параметричних процесів в просторі диференціально-геометричних параметрів, що в цьому випадку геометрографічною перевагою перед епюром Монка. Векторне V -відображення з номограмою для 4-параметричних процесів дозволяє, зокрема, визначити значення одного параметру за трьома іншими.

7. В процесі роботи над основною проблемою ("моделювання в цілому") було отримано ряд супутніх результатів:

- виявлена сингулярна симетрія розв'язків діофантового рівняння при визначенні чисел лінійно незалежних точок, які визначають M_1 -поверхню в Π_1 -просторі і M_2 -поверхню в Π_2 -просторі при $M_1 \neq \Pi_2$ і $M_2 \neq \Pi_1$ на інтервалі $1, \dots, 3 \cdot 10^6$;

- доведено існування формальної "конформності" проєктивної геометрії в одномірному просторі;

- визначено можливість конструювання просторових "гібридних" кривих, які містять диференціально-геометричні властивості відомих плоских ліній.

8. Запропонований метод математичного моделювання перевірено на експериментальних результатах дослідження тепло-масообмінних процесів. При нагріванні гранул комбікорму і сушці картому отримано добрий збіг експериментальних і теоретичних даних. Корекція процесу сушки зерна дозволила знизити витрати тепла, що дає очікуваний економічний річний ефект на одній установці типу ДСП-32 12 тис. крб.

Моделювання в цілому в просторі параметрів процесу дозволяє поставити проблему, яка являє собою теоретичний і прикладний інтерес. Вона полягає у встановленні фізичного змісту особливих точок і ліній на моделі (поверхні) n -параметричного регулярного процесу, оскільки перші характеризують його миттєві стани, а другі - окремі режими.

Природньо допустити існування глибоких зв'язків між геометричними особливостями поверхні, що моделює процес (кривина,

геодезичні лінії, омбілічні точки і т.п.), та його фізичними особливостями.

Основні положення дисертаційної роботи відображено в таких публікаціях:

1. Маді Малік Хасан. Исследование процесса нагрева гранулированных частиц с использованием графических методов // Совершенствование методики преподавания графических дисциплин и машинной графики: Тези доповідей республіканської науково-методичної конференції, Рівне, 1990 р. - с. 99-100.
2. Маді Малік Хасан, Топчій В.І. Графічне відображення 3-параметричного процесу нагріву гранульованих частинок // Вісник Львівського політехнічного інституту "Динаміка, міцність та проектування машин та приладів", Львів, 1990 р. - с. 86-89.
3. Маді Малік Хасан. Моделирование в целом и исследование устойчивых регулярных процессов в пространстве параметров // Инженерная и машинная графика: Тези доповідей X Всесоюзного науково-методичного семінару, Полтава, 1991 р. - с. 52.
4. Калиновська О.П., Глоговський В.В., Маді Малік Хасан. Т-моделирование регулярных физических процессов в пространстве параметров // Проблемы графической технологии: Тези доповідей - частина II (Севастопольське вище військово-морське інженерно училище), Севастополь, 1991 р. - с. 11.
5. Калиновська О.П., Глоговський В.В., Топчій В.І., Маді Малік Хасан. Графо-аналитическое моделирование в целом n-параметрических процессов конвективной сушки // Тези доповідей міжнародної конференції по сушці 2-го міжнародного форуму по тепло- і масообміну. Київ, 1992 р. - с. 104-106.
6. Калиновська О.П., Глоговський В.В., Топчій В.І., Маді Малік Хасан. Моделирование в целом регулярных физических процессов пространственными кривыми и их множествами // Перспективы развития машинной графики в преподавании графических дисциплин: Загальноукраїнська науково-методична конференція, Одеса, 1992 р. - с. 18.

Київ: КІБІ, 1993. - с.

Работа посвящена представлению многопараметрических процессов в целом одним уравнением (одним многообразием), что расширяет возможности их исследования и коррекции, позволяет проводить моделирование не только в точечном, но и в линейчатом пространстве, а также служит основой геометрической (аффинной и проективной) классификации процессов и формирования "банка моделей"

Для графического отображения моделей предложено векторное - отображение и дифференциально-геометрический (натуральный) эфир.

Подписано к печати 16 03 Объем 1,0 п. л.
Формат 60×84¹/₁₆. Заказ 1056 Тираж 100
Типография ВА ПВО СВ.

1140710

Ab 26.98

AB 26.983