

С.І. Кормановський,  
О.В. Перфілов

Вінницький національний технічний університет,  
А.В. Спірін, канд. техн. наук  
Вінницький національний аграрний університет

**ЕЛЕМЕНТИ АВТОМАТИЗОВАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ  
ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ МАШИН ПЕРЕРОБНИХ ТА ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ**

*Рассматриваются способы определения объема и площади боковой поверхности произвольных выпуклых форм и поверхностей вращения для проектирования машин перерабатывающей и пищевой промышленности*

*The paper describes how to determine the volume and area of the lateral surface of arbitrary convex shapes and surfaces of revolution for the design of machinery processing and food industries*

**Постановка проблеми**

Використання автоматизованих інформаційних систем (АІС) є в даний час необхідною умовою ефективної роботи підприємств переробних та харчових виробництв. Проектування технологічного обладнання – один з найбільш довготривалих і відповідальних етапів технічної підготовки машинобудівного виробництва. Проблема створення АІС, які дозволяють проектувати технологічне обладнання, залишається актуальною. Технологічне обладнання переробних та харчових виробництв складається у більшості випадків із типових елементів, що дає можливість створити інформаційну систему, яка дозволить автоматизувати процес проектування обладнання. У цьому велику роль можуть зіграти оптоелектронні системи аналізу та розпізнавання, які здатні з високою точністю отримувати інформацію про об'ємні тіла довільної форми [1].

Одним із завдань при роботі з опуклими об'єктами симетричної та довільної форми, а це більшість деталей машин для переробних та харчових виробництв, — визначення площі бічної поверхні та об'єму тіла. Актуальність цього завдання очевидна, наприклад, при розрахунку витрат матеріалів при нанесенні покриттів на деталі машин.

**Аналіз основних досліджень**

Сучасні методи обчислення об'єму та площі бічної поверхні реалізовані в спеціалізованих графічних пакетах програм [2], що використовують, в основному, трипроєкційні системи і ґрунтуються на відомому описі оброблюваного зображення. Відомі також способи обчислення об'єму та площі довільної фігури [3,4], суть яких полягає в тому, що зображення об'єкту проєктують на перетворювач «світло-сигнал», потім переміщують зображення об'єкту по поверхні перетворювача та визначають площу отриманої довільної замкненої фігури. Недоліками вказаних способів є низька точність обчислювань і відсутність можливості застосування до стаціонарних великих об'єктів.

**Визначення об'єму та площі бічної поверхні опуклої фігури**

Довільна опукла фігура представляється в двох проєкціях (рис. 1). Зображення опуклої фігури центрується так, щоб центр обертання збігався з вершиною  $O$ , цієї проєкції. Після цього обертають фігуру відносно вершини  $O$  на кут  $\alpha = 360^\circ/N$ . Визначають відстань від вершини до нульового рівня (основа фігури), тобто до точок з інтенсивностями  $I_{\theta}$ , які мають найменшу інтенсивність і відповідні радіуси  $R_i$  і  $R_{i+1}$ . Поверхню фігури розбивають на  $K$  поверхонь рівня, при цьому кожний рівень розбито на  $K$  дискретних секторів, і визначають радіуси  $R_{\theta}, R_p, \dots, R_k$  основ цих секторів.

Кожний дискретний сектор опуклої фігури розглядається як сектор урізаного конуса (рис. 2). Об'єм його обчислюється за формулою

$$V_{i+1сект.} = \pi h / 3N (R_{i+1}^2 + R_i R_{i+1} + R_i^2). \quad (1)$$

Сумарний об'єм секторів опуклої фігури, обмежених кутом  $\alpha$ , визначається за виразом

$$V_{сект.}^{\alpha} = \pi h / 3N \sum_{i=0}^K (R_i^2 + R_i R_{i+1} + R_{i+1}^2). \quad (2)$$

Площа бічної кривої поверхні дискретного урізаного конуса обчислюється за формулою

$$S_{i+1сект.} = \pi / N (R_i + R_{i+1}) l_{i+1}, \quad (3)$$

де  $l_{i+1} = \sqrt{h^2 + (R_{i+1} - R_i)^2}$ , (4)

а сумарна площа бічної поверхні сектора опуклої фігури, обмеженої кутом  $\alpha$ , описується виразом

$$S_{сект.}^{\alpha} = \pi / N \sum_{i=0}^k (R_i + R_{i+1}) l_{i+1}. \quad (5)$$

Після кожного обертання зображення на кут  $\alpha$  повторюють алгоритм обчислення об'єму і площі бічної поверхні чергового сектора опуклої фігури. Повороти

здійснюють до тих пір, поки зображення не буде поверну- те на 360°. Підсумовуючи об'єми і площі бічних повер- хонь секторів, визначають повні об'єм і площу опуклої фігури. Цей метод за своєю суттю схожий на метод [4] тим, що в ньому також дискретизується все зображення по секторах для спрощення обчислення їх геометричних параметрів. Це дає можливість підвищити швидкість об- числень, а також зменшити кількість проєкцій зображен- ня фігури до однієї для подальшої обробки її в оптоелект- ронних однорідних обчислювальних середовищах.

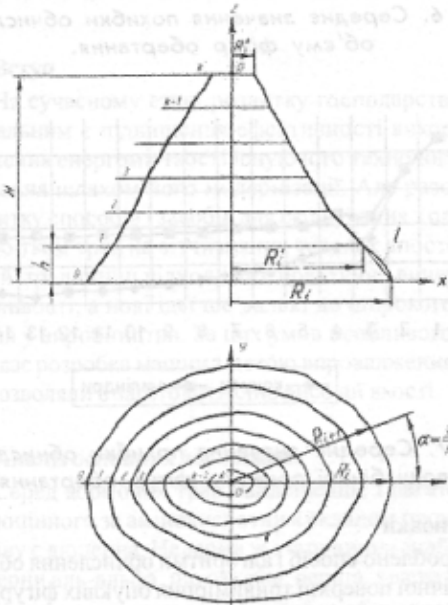


Рис. 1. Довільна опукла фігура.

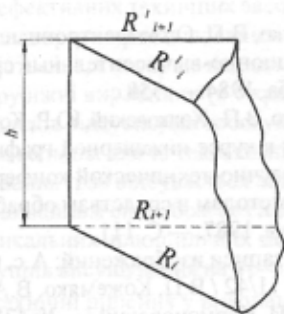


Рис. 2. Сектор опуклої фігури.

**Визначення об'єму і площі бічної поверхні довільної фігури обертання.**

Серед усієї різноманітності тривимірних фігур існує цілий клас фігур, що побудовані шляхом обертання твірної

лінії навколо визначеної осі обертання. Зображення таких фігур зручні для обробки, оскільки для них достатньо однієї проєкції, щоб отримати повну інформацію щодо визна- чення їх геометричних параметрів. Існує велика кількість методів визначення об'єму та площі бічної поверхні фігур обертання поширеного класу об'єктів розпізнавання. Од- нак загальними їх недоліками є мала швидкість обчислень, неточність та обмеженість області застосування. Залучен- ня оптоелектронних обчислювальних середовищ дає мож- ливість спростити методу визначення геометричних ознак і дозволяє визначити площу та об'єм лише за од- нією проєкцією.

Запропонований метод визначення об'єму та площі бічної поверхні фігури обертання виконується по етапах:

1. Зображення об'єкта проєктують на перетворювач «світ- ло-сигнал» (ПСС) таким чином, щоб вісь обертання фігу- ри була паралельною площині ПСС (рис. 3).
2. Зображення пересувають до суміщення його основи з нижнім рядком ПСС і визначають відстань від лівого нижнього кута ПСС до осі обертання  $x$ .
3. Вісь обертання об'єкта суміщають з крайнім лівим стовпчиком. Зображення розбивають на дискретні конусні зрізи з кроком дискретизації  $h$  і кількістю рядків ПСС  $N$ .
4. Пересуваючи зображення донизу на кожну дискрет- ну висоту, визначають відстань  $R_i$  від лівого нижнього кута ПСС до контуру об'єкта і ту ж відстань  $r_i$  на висоті  $h_i$ .

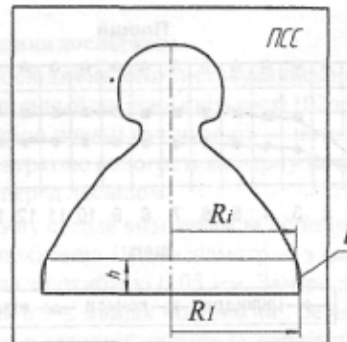


Рис. 3. Фігура обертання.

Визначають елементарний об'єм  $i$ -го зрізаного конуса

$$V_i = \frac{\pi}{3} h_i (R_i^2 + r_i^2 + R_i r_i). \quad (5)$$

Тоді повний об'єм фігури обертання визначають за формулою

$$V_\phi = \sum_{i=1}^N V_i. \quad (6)$$

Аналогічно можна визначити і площу бічної поверхні фігури обертання

$$S_i = \pi \sqrt{h_i^2 + (R_i - r_i)^2} (R_i + r_i), \quad (7)$$

$$S_\phi = \sum_{i=1}^N S_i. \quad (8)$$

**Експериментальні дослідження визначення геометричних ознак фігур обертання**

Для аналізу зображень фігур обертання створено програму, яка обчислює об'єм та площу бічної поверхні. Програма моделює однопроєкційний спосіб обробки зображень. Об'єм фігури визначається за формулою (6), площа бічної поверхні обчислюється за формулою (8). На порівняльних графіках показано значення похибки обчислення об'єму (рис. 4) і площі бічної поверхні (рис.5) еталонної фігури обертання за формулами конуса і циліндра.



Рис. 4. Графік значень похибки обчислення об'єму.



Рис. 5. Графік значень похибки обчислення площі.

З обох графіків видно, що похибка обчислення за формулою конуса менша, ніж за формулою циліндра.

Проведено експериментальні дослідження 300 довільних фігур обертання. На рис. 6 показано графік середнього значення похибки обчислення об'єму, на рис. 7 – графік обчислення площі бічної поверхні фігур обертання з розбиттям висоти фігури від 1 до 15 шарів. Графіки свідчать, що точність обчислень за формулою конуса вища, ніж за формулою циліндра. При розбитті висоти фігури на 15 шарів, середнє значення похибки обчислення об'єму фігури обертання  $x = 0,0129\%$ , середнє значення похибки обчислення площі бічної поверхні складає  $x = 0,0150\%$ . При розбитті висоти фігури більше ніж на 15 шарів, похибка збільшується.

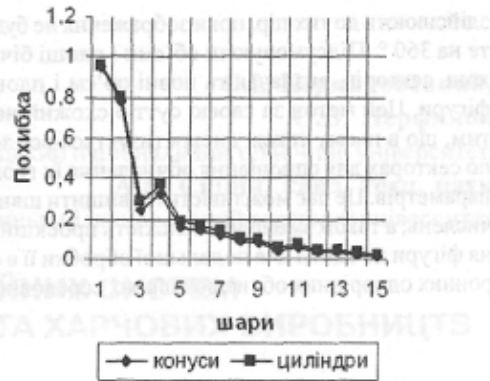


Рис. 6. Середнє значення похибки обчислення об'єму фігур обертання.



Рис. 7. Середнє значення похибки обчислення площі бічної поверхні фігур обертання.

**Висновки**

Розроблено спосіб і алгоритми обчислення об'єму та площі бічної поверхні тривимірних опуклих фігур і фігур обертання, які базуються на принципі посекторної і пошарової дискретизації. Такий підхід дозволяє виконувати однопроєкційну обробку зображень, що підвищує швидкість процесу обчислення геометричних ознак в 2,5 рази.

**Література**

1. Кожемяко, В.П. Оптоэлектронные логико-временные информационно-вычислительные среды. — Тбилиси: Мецниереба, 1984. — 358 с.
2. Кожемяко, В.П., Холковский, Ю.Р., Кормановский, С.И. Базовый пакет в курсе инженерной графики // Труды 2-й Всесоюзной научно-технической конференции по оптоэлектронным методам и средствам обработки изображений. — Винница, 1987. — С. 111.
3. Способ записи изображений: А.с. СССР 1527670, МКИ 4 G 11 C 11/42 / В.П. Кожемяко, В.А. Подорожнюк, С.Н. Белан, С.И. Кормановский. — № 4383864; Заявлено 29.02.88; Опубл. 07.12.89, Бюл. № 45. — 3 с.
4. Способ определения площадей произвольных замкнутых фигур: А.с. СССР 1826142, МКИ N 04 N 7/18 / В.П. Кожемяко, В.А. Я.И. Тимченко, К.В. Кожемяко, С.И. Кормановский. — № 4916622; Заявлено 04.03.91; Опубл. 07.07.93. — Бюл. № 25. — 3 с.

Надійшла 15.03.2011 р.