

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ З БУДІВНИЦТВА
І АРХІТЕКТУРИ

На правах рукопису
УДК 515.2 + 536.24

ПІЛІКО Ілля Теодорович

ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОБІМІНУ ВИПРОМІНЮВАННЯМ
В ЕЛЕМЕНТАХ ТЕПЛОТЕХНІЧНИХ УСТАНОВОК

05.01.01 – Прикладна геометрія і інженерна графіка

А в т о р е ф е р а т
дисертації на здобуття вченого ступеня
кандидата технічних наук

Київ - 1993

7В 20.000
Роботу виконано в Харківському політехнічному інституті
Дисертація є рукописом

Науковий керівник - доктор технічних наук Куценко Л. М.

Офіційні опоненти:

Доктор технічних наук, професор Найдис В.М.,
кандидат технічних наук, доцент Ванін В.В.

Провідна організація - Український науково-дослідний
інститут металів

Захист відбудеться 22 червня 1993 року о 13 годині
на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 068.05.03 в Київському
Державному Технічному Університеті з будівництва і архітектури
за адресою: 252037, Київ - 37, Повітрофлотський проспект, 31,
аудиторія 319.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Київського
Державного Технічного Університету з будівництва і архітектури.

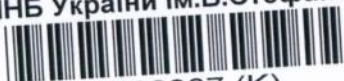
Автореферат розіслано 17 листопада 1993 р.

Вчений секретар
спеціалізованої ради Д 068.05.03
кандидат технічних наук, доцент

ПЛОСКИЙ В.О.



ЛНБ України ім. В. Стефаника



00802307 (К)

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність. Сучасна прикладна геометрія, що утворилася на межі нарисної та диференційної геометрії, обчислювальної математики та комп'ютерного програмування, має рідкісну можливість оперувати з різноманітними поняттями цих розділів. Проекціювання – це одне з таких понять. Будучи основою для нарисної геометрії, відображення проекціювання застосовується у багатьох суміжних галузях природничих наук. Вивчені та з успіхом реалізуються на практиці наступні види відображень: ортогональна та косокутова аксонометрії, циліндрична, сферична та стереографічна проєкції, перспектива, суперпозиції різноманітних нелінійних відображень і т. д. Великий внесок у розвиток теорії відображень внесли Четверухін М.Ф., Котов І.І., Михайленко В.Є., Підгорний О.Л., Павлов А.В., Тевлін А.М., Обухова В.С., Іванов Г.С., Найдин В.М., Сазонов К.О., Ковальов С.М., Полозов В.С., Подкоритов А.Н., Джапарідзе І.С., Тоїдзе В.А. та інші.

До поняття радіально-паралельного проекціювання / далі RP-проектиювання / приводить, зокрема, задача обчислення геометричних характеристик теплообміну випромінюванням між поверхнями складної форми. Слід відзначити, що дослідження в галузі променевого теплообміну належать до ряду перспективних напрямків розвитку прикладної геометрії /див. Михайленко В.Є., Підгорний О.Л., Павлов А.В., Ковалев С.Н., Научные исследования по прикладной геометрии: итоги, задачи, перспективы ПГ и ИГ, вып. 50, Киев: Будівельник, 1990, с.3-6/.

Ефективність чисельних досліджень в галузі променевого теплообміну залежить від застосованих методів обчислення кутових коефіцієнтів випромінювання / ККВ /. Теоретично ККВ дорівнює значенню інтеграла спеціального вигляду /міри Крофтона/, в якому область інтегрування збігається з поверхнями теплообміну. Обчислення міри Крофтона у загальному вигляді пов'язано з відомими труднощами чисельного інтегрування. Це відзначається, зокрема, у роботах Суринова А.Д., Сперроу Е.М., Зігеля Р., Хауелла Дж., Блоха А.Г.

У практиці теплотехнічних розрахунків широко застосовуються інтегратори – прилади для наближеного обчислення міри Крофтона методом натурального експерименту. При цьому, що є важливим для нас, схема дії інтеграторів ґрунтується на побудові RP-проекції поверхні, що сприймає тепло. Теорії інтеграторів присвячені роботи Нуссельта В., Гамільтона І., Хоттеля Х., Еккерта Е.

Але робота з інтеграторами супроводжується труднощами експерименту та пов'язана з матеріальними витратами. Тому з'явилися комп'ютерні алгоритми наближеного обчислення міри Крофтона, що моделюють схему дії інтеграторів. Цій темі присвячені роботи Арендарчука А.В., Максвелла Г.М., Бейлі М.Дж., Голдшмідта В.В. Застосовуючи R-функції, Куценко Л.М. запропонував алгоритм обчислення ККВ шляхом наближеного опису RP-проекцій для досить широкого класу поверхонь. Але, досвід показав, що для ряду задач доцільною є модифікація цього алгоритму із застосуванням точного опису RP-проекцій /навіть, якщо це приводить до деякого звуження класу поверхонь, що розглядаються/.

Мета роботи полягає в створенні теоретичної та алгоритмічної бази для точного геометричного моделювання RP-проеціювання поверхонь другого порядку і фігур рівня та розробці на цій основі раціональних програм наближеного обчислення ККВ.

Для досягнення головної мети досліджень у дисертації поставлені наступні основні задачі:

- проаналізувати значення RP-проеціювання для роботи інтеграторів;
- вивчити основні властивості RP-проеціювання;
- знайти клас поверхонь, що дозволяють описати RP-проекцію точно;
- розробити комп'ютерні алгоритми побудови RP-проекцій;
- розв'язати тестові приклади;
- знайти апостеріорну оцінку похибки розрахунків;
- розв'язати деякі реальні задачі у галузі теплообміну випромінюванням.

Методика досліджень. Як основний у роботі застосовується математичний апарат R-функцій, що дає змогу описувати геометричні об'єкти у непараметричному /неявному/ вигляді. Також застосовуються основні положення прикладної геометрії поверхонь та моделювання геометричних перетворень.

Наукову новизну роботи складають:

- перелік основних властивостей RP-проеціювання;
- точний опис RP-проекцій фігур рівня та поверхонь другого порядку;
- інверторний спосіб обчислення ККВ;
- одержані залежності ККВ від геометричних параметрів ряду поверхонь.

Практична цінність дисертації полягає в розробці алгоритмів

обчислення локальних та інтегральних ККВ при променевому теплообміні між елементами конструкцій теплотехнічних установок. До переваг складених комп'ютерних програм слід віднести:

- можливість наочного контролю етапів обчислення ККВ;
- простоту організації ітераційного процесу уточнення рішення шляхом подріблення величини дискретності растру;
- впровадження лінійного /нерозгалуженого/ алгоритму.

На захист вноситься:

- перелік властивостей RP-проекціювання;
- метод точного опису RP-проекції фігур рівня та поверхонь другого порядку;
- інверторний спосіб обчислення ККВ;
- методика складання алгоритмів для наближеного обчислення ККВ;
- спосіб знаходження залежності ККВ від геометричних параметрів поверхонь.

Реалізація роботи виконана в Інституті проблем машинобудування АН України та на Мереф'янському скляному заводі.

Реалізація підтверджується довідками про використання запропонованої у роботі методики.

Обсяг публікацій за темою дисертації складає 8 найменувань.

Апробація роботи. Основні положення дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на Всеукраїнській науково-методичній конференції "Геометричне моделювання. Інженерна та комп'ютерна графіка", а також на провідних графічних кафедрах України /у Києві, Мелітополі, Харкові/.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, чотирьох глав, висновків, списку літератури із 61 найменування та додатків. Змістова частина роботи містить 110 сторінок машинописного тексту та 56 рисунків.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обгрунтована актуальність досліджень, сформульовані мета та задачі роботи, її наукова новизна та практичне значення.

В першій главі дисертації розглядаються геометричні фактори, що впливають на променевий теплообмін між поверхнями у просторі. Такими факторами є кутові коефіцієнти випромінювання /ККВ/:

а/ локальний ККВ

$$Y_{dA-B} = \frac{1}{\pi} \int_B \frac{\cos \alpha \cos \beta}{r^2} dB;$$

б/ інтегральний ККВ / міра Крофтона /

$$Y_{A-B} = \frac{1}{A} \int_A Y_{dA-B} dA.$$

Тут dA та dB - елементарні площадки поверхонь A та B , r - довжина відрізка, що з'єднує центральні точки елементарних площадок dA та dB , α та β - кути між цим відрізком та нормаллями до поверхонь тіл, що проходять через центральні точки площадок.

Підкреслюється, що ККВ являє собою суто геометричний фактор, визначаємі виключно формою, розмірами та взаємним розташуванням поверхонь теплообміну. Локальний ККВ являє собою міру множини прямих із зв'язки прямих, що поєднують центральну точку елемента dA з "видимими" із неї точками поверхні B . Інтегральний ККВ являє собою міру чотирьохпараметричної множини прямих, що з'єднують точки поверхні A з "видимими" із них точками поверхні B / рис. 1 /. Першими роботами, в яких геометричні фактори теплообміну випромінювання відокремлювались від енергетичних та запроваджувались поняття ККВ, були роботи Нусельта В., Баклі Х., Ямауті З., Гербеля М., Поляка Г.Л. та ін.

Наведено перелік аналітичних, чисельних та експериментальних методів визначення ККВ. Відзначено, що у випадку реальних геометричних форм обчислення міри Крофтона пов'язано із труднощами, притаманними чисельному інтегруванню. Ці труднощі спричиняються необхідністю: вибору раціональної "траси" кроків по поверхні інтегрування, встановлення залежності $\cos \alpha$, $\cos \beta$ та r від координат та напрямних косінусів нормалі у точках, що розглядаються, урахуванням самозаслонення поверхонь / ефект обриву, що переміщується /, уточнення розв'язку шляхом подріблення деякого параметру, знаходження оцінки похибки розв'язку та ін.

Здійснений аналіз виявив, що одним з найбільше застосовуваних методів наближеного визначення ККВ є графічний метод "сфери одиничного радіусу". Ідея методу така. Будується площина, дотична до площадки dA така, що проходить через її центральну точку / рис. 2 /. Із цієї ж точки будується напівсфера одиничного радіусу, що спирається на дотичну площину. Із центра напівсфери на її

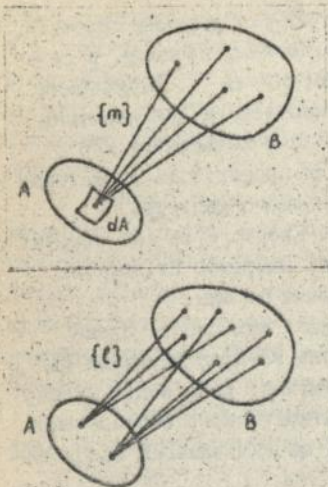


Рис.1. До поняття локального та інтегрального КГВ.

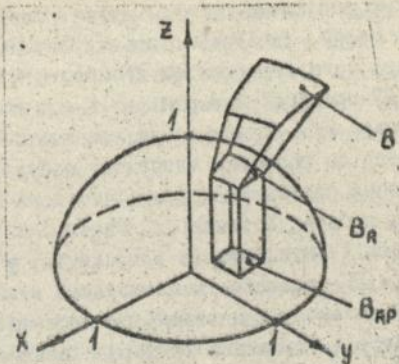


Рис.2. RP-проеціювання в методі "сфери одиничного радіусу".

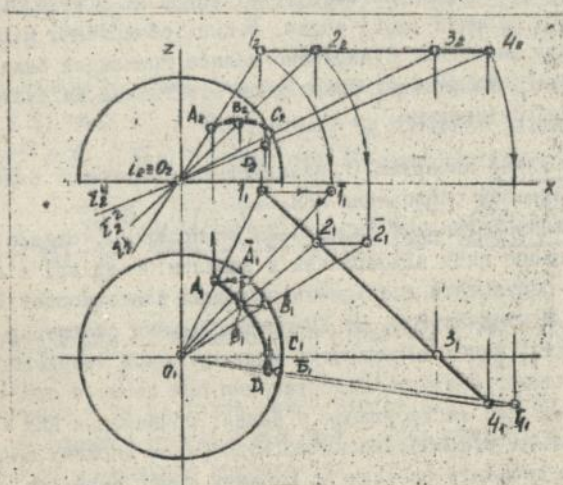


Рис.3. Побудова RP-проекції на кресленні Монжа.

поверхню радіально проєкціюється поверхня B . Одержана проєкція, у свою чергу, паралельно проєкціюється на дотичну площину, в результаті чого створюється RP -проєкція поверхні B . Відношення площі RP -проєкції поверхні до площі кола напівсфери дає значення локального ККВ. Таким чином, задача обчислення локального ККВ зводиться до розробки алгоритма побудови RP -проєкції та визначення відношення площин RP -проєкції та кола одиничного радіуса.

У роботах Хоттеля Х., Гамільтона Ф., Екерта С та ін. описані конструкції інтеграторів - приладів, у яких апаратно втілюється побудова RP -проєкцій та обчислення відношення площин.

У дисертації наведені та проаналізовані принципові схеми інтеграторів. Виявлена та формалізована роль RP -проєкціювання для їх функціонування. Намічені кроки до алгоритмічної реалізації методу "сфери одиничного радіуса" та вимоги до математичного забезпечення цих алгоритмів. Зроблений висновок про те, що цим вимогам задовольняють R - функції.

Відзначено, що із використанням R - функцій алгоритми чи - сельного визначення ККВ вперше були розроблені Куценко Л.М. При цьому RP -проєкції описувалися наближено для таких класів поверхонь, як "товста" гвинтова спіраль, система соосних торів, система циліндрів обмеженої довжини та ін. Показано, що для модернізації подібних алгоритмів необхідно мати точні описи RP -проєкцій.

Наводиться перелік інших задач, в яких обчислення міри Крофтона має суттєве значення. Відзначено велике прикладне значення цих задач, серед яких названі розрахунок освітлення та розрахунок радіаційного випромінювання.

В другій главі дисертації викладаються теоретичні основи запропонованого способу обчислення ККВ.

Запроваджено формальне визначення RP -проєкції, стисло відзначено місце цього виду відображень в загальній палітрі відображень. Наведені результати досліджень основних властивостей RP - проєкціювання. Відзначається, що RP -проєкціювання ставить у відповідність множині точок півпростору множину точок великого кола півсфери - одиничного радіуса. Відображення при цьому є сюр'єктивним. Особливо важливим для застосування у задачі обчислення ККВ є те, що RP -проєкціювання взаємнооднозначно відображає множину заповнених півпростір променів зв'язки на множину точок великого кола.

В дисертації досліджується залежність RP -проєкцій від розташування оригіналу у просторі / на прикладі сфери /.

Відзначається, що в залежності від того, де розташована сфера / в "зеніті" чи на "обрії" / необхідна різна ступінь точності опису RP-проекції. Показано, що у загальному випадку RP-проекцією сфери є фігура, обмежена еліпсом. Розглянута можливість застосування RP-проеціювання до геометричних задач реконструкції простору.

Наведені приклади побудови RP-проекції на комплексному кресленні Монка / рис. 3 /. Показано, що для побудови однієї точки цим методом необхідно провести 9 графічних операцій. Звідси робиться висновок про громіздкість графічних побудов при розв'язуванні реальних задач, де кількість подібних точок може обчислюватись сотнями. Тому необхідним є створення алгоритмів побудови RP-проекцій на основі аналітичних співвідношень.

В дисертації наведені приклади геометричних об'єктів, для яких RP-проекції можливо описати точно.

Далі мається на увазі прямокутна декартова система координат $Oxyz$. Знаком V позначена R_1 - дієжонкція.

Твердження 1. Нехай фігури $A_1: F_1(y, z) \geq 0$ та $A_2: F_2(y, z) \geq 0$ розташовані на площинах рівня $x = x_p^{(1)} < -1$ та $x = x_p^{(2)} > 1$. Тоді їх сумісну RP-проекцію можливо описати так

$$f_1(x, y) \equiv F_1\left(\frac{x_p^{(1)} y}{x}, \frac{x_p^{(1)} \sqrt{1-x^2-y^2}}{x}\right) \vee F_2\left(\frac{x_p^{(2)} y}{x}, \frac{x_p^{(2)} \sqrt{1-x^2-y^2}}{x}\right) \geq 0.$$

Твердження 2. Нехай фігури рівня $B_1: \Phi_1(x, z) \geq 0$ та $B_2: \Phi_2(x, z) \geq 0$ розташовані на площинах рівня $y = y_p^{(1)} < -1$ та $y = y_p^{(2)} > 1$. Тоді їх сумісну RP-проекцію можливо описати так

$$f_2(x, y) \equiv \Phi_1\left(\frac{x y_p^{(1)}}{y}, \frac{y_p^{(1)} \sqrt{1-x^2-y^2}}{y}\right) \vee \Phi_2\left(\frac{x y_p^{(2)}}{y}, \frac{y_p^{(2)} \sqrt{1-x^2-y^2}}{y}\right) \geq 0.$$

Твердження 3. Нехай фігури рівня A_1, A_2, B_1, B_2 , а також функції $f_1(x, y)$ та $f_2(x, y)$ задані згідно з твердженнями 1 та 2. Також нехай фігура $C: F(x, y) \geq 0$ розташована на площині рівня $z = z_p > 1$. Тоді сумісну RP-проекцію усіх цих фігур можливо описати так

$$f(x, y) \equiv f_1(x, y) \vee f_2(x, y) \vee F\left(\frac{xz_p}{\sqrt{1-x^2-y^2}}, \frac{yz_p}{\sqrt{1-x^2-y^2}}\right) \geq 0.$$

В дисертації показано, що результати твердження 3 дозволяють описувати / точно ! / RP-проєкції для складних геометричних об'єктів. Тривіальним є приклад опису RP-проєкції двох косих площин / відсіків гіперболічних параболоїдів /, зображених на рис. 4. У цьому випадку фігурами рівня є три смуги

$$A_1: (bcos\alpha)^2 - (ycos\alpha + xsin\alpha)^2 \geq 0$$

$$A_2: (bcos\beta)^2 - (ycos\beta - zsin\beta)^2 \geq 0$$

/ 1 /

$$A_3: (bcos\beta)^2 - (ycos\beta + zsin\beta)^2 \geq 0$$

Тут $\beta = \alpha \operatorname{ctg} \frac{\alpha \operatorname{tg} \alpha}{H}$, а α - кут "закрутки" косої площини.

H та α позначені на рис. 4. Коистуючись твердженням 3, RP-проєкції цих трьох смуг можливо описати у вигляді

$$f(x, y) \equiv [(bcos\beta)^2 - \left(\frac{aycos\beta - asin\beta}{x} \sqrt{1-x^2-y^2}\right)^2] \vee$$

$$\vee [(bcos\beta)^2 - \left(\frac{aycos\beta + asin\beta}{x} \sqrt{1-x^2-y^2}\right)^2] \vee$$

/ 2 /

$$\vee [(bcos\alpha)^2 - \left(\frac{Hycos\alpha}{\sqrt{1-x^2-y^2}} + \frac{Hxsin\alpha}{\sqrt{1-x^2-y^2}}\right)^2] \geq 0.$$

В дисертації показано, що RP-проєкції двох косих площин можливо описати нерівністю $f(x, y) \leq 0$. Це впливає з того факту, що об'єднання трьох смуг рівня і двох косих площин у просторі $Oxyz$ є замкнена поверхня "зкрученого" паралелепіпеда. Отже, в колі одиничного радіуса RP-проєкції косих площин будуть доповнювати RP-проєкції смуг рівня. Відзначений принцип доповнення

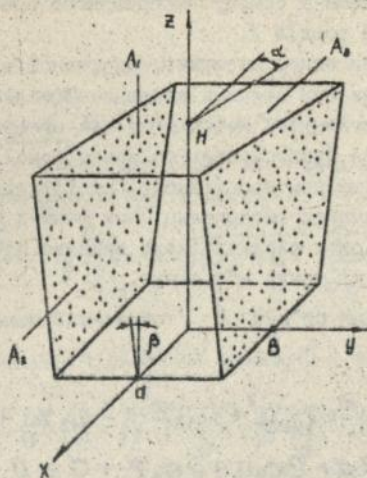


Рис.4. Геометрична система з двох косих площин - модель "косого шару".

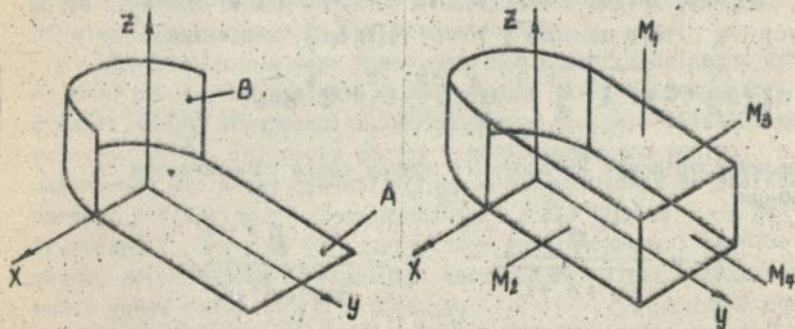


Рис.5. До інверторного способу визначення ККВ.

/ інвертування / покладемо в основу інверторного способу обчислення КСВ / див. третій розділ /.

Розглянуто випадок опису поверхні, одержаної в результаті використання смуг, обмежених деякими кривими. Зроблено важливий висновок про те, що розглянутий метод дозволяє описувати /точно/ RP-проекцію поверхні без безпосереднього опису самої поверхні. В дисертації показано, що при необхідності цю "фіктивну" поверхню можливо описати за допомогою інтерполяційних формул Кунса. Такий опис поверхні знадобиться у випадку, коли виникає необхідність "розташувати" на поверхні точку або лінію.

Твердження 4. Нехай об'єкт A обмежений поверхнею другого порядку

$$A: P(x, y, z) \equiv a_{11}x^2 + a_{22}y^2 + a_{33}z^2 + 2a_{12}xy + 2a_{13}xz + 2a_{23}yz + 2a_1x + 2a_2y + 2a_3z + a \geq 0.$$

Тоді RP-проекцію об'єкта A можливо описати так

$$A_{RP}: (a + a_1x + a_2y + a_3\sqrt{1-x^2-y^2})^2 - aP(x, y, \sqrt{1-x^2-y^2}) \geq 0.$$

Зокрема, згідно з твердженням 4, вираз для RP-проекції сфери радіусу r та з центром у точці $M(a, b, c)$ має вигляд

$$(ax + by + c\sqrt{1-x^2-y^2})^2 - a^2 - b^2 - c^2 + r^2 \geq 0.$$

При цьому координати RP-проекції центру сфери обчислюються за формулами

$$x_c = \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}}; \quad y_c = \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}}.$$

Останнє співвідношення дозволяє будувати наближені рівняння RP-проекцій просторових кривих "скінченної товщини". Далі це буде

використано для побудови RP-проекції "каналів" на поверхні кosis площин.

У дисертації знайдено клас поверхонь, для яких RP-проекції можливо описати точно.

Твердження 5. RP-проекцію об'єкта $A: F(x, y, z) \geq 0$ можливо описати точно лише тоді, коли функція $F(x, y, z)$ буде задовольняти диференційному рівнянню

$$x \frac{\partial F}{\partial x} + y \frac{\partial F}{\partial y} + \sqrt{1-x^2-y^2} \frac{\partial F}{\partial z} = 0.$$

Розв'язок цього рівняння знайдено у вигляді

$$F(x, y, z) = \Phi \left(z - \sqrt{1-x^2-y^2} + \sqrt{1-y^2} \ln \frac{\sqrt{1-y^2} + \sqrt{1-x^2-y^2}}{x}, \right. \\ \left. z - \sqrt{1-x^2-y^2} + \sqrt{1-x^2} \ln \frac{\sqrt{1-x^2} + \sqrt{1-x^2-y^2}}{x} \right).$$

Тут $\Phi(\xi, \eta)$ - деяка функція.

В третій главі розглядається алгоритмічне втілення проекційного методу визначення ККВ. Надаються алгоритми наближеного обчислення локального та інтегрального ККВ.

Обчислення значення локального ККВ провадиться таким чином. На коло одиничного радіусу, з описаною на ньому за допомогою функції $f(x, y)$ RP-проекцією, накладається растрова сітка з дискретністю Δ . Усі точки растру у колі одиничного радіусу в залежності від знаку функції $f(x, y)$ можна розділити на два класи - належні / $f(x, y) \geq 0$ / та неналежні / $f(x, y) < 0$ / до RP-проекції. Значення ККВ одержується як відношення кількості точок, що складають RP-проекцію, до загальної кількості растрових точок кола, тобто $\mathcal{Y}_{dA-B}^{(A)} = N_{RP} / N_K$. Ітераційний процес обчислення ККВ реалізується шляхом подрібнення дискретності растру, внаслідок чого одержується наближене значення $\mathcal{Y}_{dA-B}^{(\delta/2)}$. Обчислення закінчуються тоді, коли виконується умова

$$| \varphi_{dA-B}^{(\Delta/k)} - \varphi_{dA-B}^{(\Delta/2k)} | < \varepsilon.$$

Визначивши значення локального ККВ (φ_{dA-B}) $_i$ для кожної з n елементарних площадок поверхні скінчених розмірів A , інтегральний ККВ наближено обчислюємо таким чином

$$\varphi_{A-B} = \frac{\sum_{i=1}^n (\varphi_{dA-B})_i}{n}.$$

Оцінка точності обчислення в роботі здійснюється шляхом порівняння ККВ, що визначено проєкційним методом для фігур рівня, з відомими / для задач з простою геометрією / аналітичними ішеннями. Розглядаються такі тестові приклади:

- "елементарна площадка" - "прямокутник", площина якого перпендикулярна до площадки / локальний ККВ /;
- "елементарна смуга" - "прямокутник", що є розташованим вздовж смуги у перпендикулярній площині / локальний ККВ /;
- "два взаємно перпендикулярних прямокутника", що мають спільну сторону / інтегральний ККВ /.

Апостеріорна оцінка точності методу робить можливим раціональний вибір величини дискретності растру при визначенні локального ККВ та кількості елементарних площадок, на які розбивається скінчена поверхня, при визначенні інтегральних ККВ. У дисертації розглядається критерій припустимої похибки опису поверхні, що забезпечує задану точність обчислення. У загальному вигляді вираз для максимальної припустимої абсолютної похибки є

$$\varepsilon = \frac{d}{\kappa^2} [(y_0 + \Delta) \sqrt{\kappa^2 - y_0^2} - y_0 \sqrt{\kappa^2 - (y_0 + \Delta)^2}]. \quad / 3 /$$

Тут d - відстань від ділянки поверхні, що розглядається, до центра допоміжної напівсфери радіуса κ , y_0 - мінімальна відстань від КР-проєкції ділянки поверхні і до початку координат, Δ - дискретність растру.

Клас геометричних об'єктів, для яких EP -проекція описується точно, може бути збільшеним, завдяки запропонованому способу інверторного визначення ККВ. В основі способу знаходиться відома властивість замкнутості для ККВ. Приклад використання інверторного способу наведено на рис. 5. За допомогою чотирьох фігур рівня M_{1-4} початкова система, що складається з поверхонь A та B , перетворюється на замкнену. ККВ між поверхнею A та поверхнями M_{1-4} визначається за допомогою тверджень 1 - 3. Шуканий коефіцієнт обчислюється за формулою

$$\varphi_{A-B} = 1 - \varphi_{A-M_1} - \varphi_{A-M_2} - \varphi_{A-M_3} - \varphi_{A-M_4}. \quad / 4 /$$

Таким чином, задача визначення ККВ між поверхнями A та B зводиться до визначення ККВ між поверхнею A та поверхнями рівня. Остання задача, як було показано вище, може бути розв'язана точно.

В четвертій главі надаються приклади застосування проекційного методу обчислення ККВ для розв'язання задач інженерної практики.

Задача 1. Визначення ККВ для геометричної системи поверхонь типу міжлопаточного каналу турбінної решітки.

Для геометричної системи "торцова стінка каналу" - "лопатка" обчислення можуть ефективно проводитись інверторним способом із використанням моделі, апроксимуючої канал косим шаром /рис.4/. При цьому опорна область для косоного шару описується рівнянням / 1 /. Визначивши ККВ косоного шару за допомогою рівняння / 2 / та віднявши його від одиниці, знаходимо ККВ між "лопатками" та "торцевою стінкою" каналу. Результати розрахунків наведені на рис. 6.

Обчислення ККВ для системи "торцова стінка каналу" - "фрагмент лопатки" пропонується здійснювати таким чином. Лопатка апроксимується поверхнею Кунса, а фрагмент, що нас цікавить, надається у вигляді поверхні, утвореної рухом сфери вздовж кри-

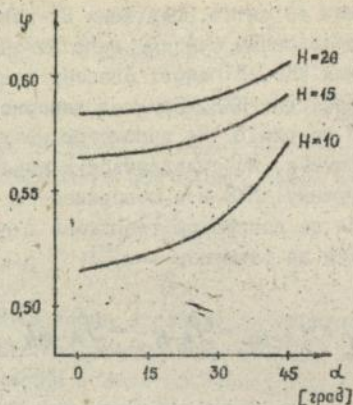


Рис.6,а. Залежність КВВ від параметрів геометричної системи - розрахунки за моделлю "косого шару".

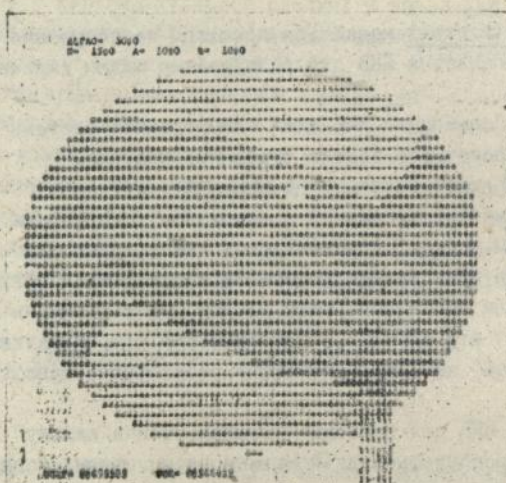


Рис.6,б. BP-проекція смуг у моделі "косого шару".

вої, що належить поверхні лопатки. Тоді KP -проекцію фрагменту "лопатки" можна одержати як об'єднання проєкцій відповідної кількості сфер.

Задача 2. Визначення KKB для перегородки між зарочною та виробничою зонами скловарної печі.

Перегородка скловарної печі являє собою плоску фігуру - "сітку" типу "шахова дошка" / рис. 7 /. KKB для перегородки обчислюється згідно загальним формулам для KP -проєкцій фігур рівня.

Задача 3. Визначення KKB у системі поверхонь із заслоненням.

Задача обчислення KKB у системі із заслоненням / рис. 8 /, має велику кількість можливих технічних впроваджень, як, наприклад, у нагрівальних, скловарних та інших печах, елементах радіоелектронної апаратури і т.п. Необхідну для обчислення KKB KP -проєкцію можна знайти як перетин проєкції прямокутника M та проєкції напівпростору з вимкненою з нього сферою L .

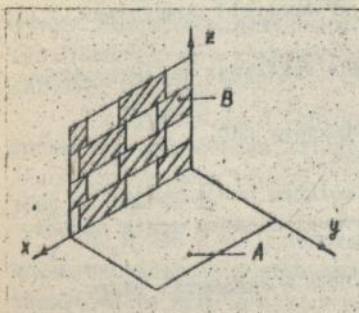


Рис.7. До задачі 2. Система з фігурою типу "шахова дошка".

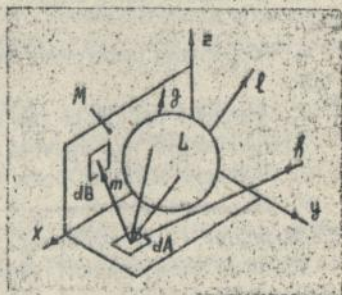


Рис.8. До задачі 3. Система із заслоненням.

ВИСНОВКИ

В роботі виконано дослідження з геометричного моделювання теплообміну випромінюванням. А саме, розроблена теоретична та алгоритмічна база для точного опису RP-проекцій поверхонь теплообміну. При цьому одержані такі головні результати, що мають наукову та практичну цінність.

1. Проаналізовані відомі методи реалізації графічного способу "сфери одиничного радіусу" визначення ККВ. Зроблено висновок про перспективність алгоритмічної реалізації ідей методу із застосуванням R-функцій та точним описом RP-проекцій.

2. Досліджені основні властивості RP-проеціювання

3. Виявлено клас поверхонь, що дозволяють описати їх RP-проекції точно. Серед них - фігури рівня та поверхні другого порядку. Одержано рівняння у неявному вигляді, що описують RP-проекції цих поверхонь.

4. Запропоновано інверторний спосіб обчислення ККВ, що дозволяє розширити коло задач, в яких RP-проекції описуються точно.

5. Розроблені алгоритми обчислення локальних та інтегральних ККВ.

6. Складені програми для ЕОМ розрахунку ККВ.

7. Розв'язано ряд тестових прикладів.

8. Знайдена апостеріорна оцінка похибки розрахунків.

9. Запропоновано критерій припустимої похибки опису поверхні при побудові її RP-проекції.

10. Розв'язані задачі визначення ККВ в елементах тепло-технічних установок.

Зміст дисертаційної роботи відображений у публікаціях

1. Пушко І.Т., Куценко Л.Н. О проекционном методе определения угловых коэффициентов излучения. - Деп. в ГНТБ Украины, № 1853 - Ук 93
2. Пушко І.Т. О геометрическом детерминанте процесса передачи тепла излучением. - Деп. в ГНТБ Украины, № 1852 - Ук 93
3. Пушко І.Т. Апостериорная оценка точности проекционного метода вычисления угловых коэффициентов излучения. - Деп. в ГНТБ Украины, № 1855 - Ук 93
4. Пушко І.Т. Применение инверторного способа для вычисления угловых коэффициентов теплообмена излучением между телами сложной геометрической формы. - Деп. в ГНТБ Украины, № 1854 - Ук 93
5. Еремеева Л.Н., Федоренко Н.А., Пушко І.Т. Применение стереографического и гномонического проецирования при решении некоторых задач. - В сб. Вестник Харьковского политехнического института. Вып. 8, 1987, с. 77-79
6. Пушко І.Т., Куценко Л.Н. Вычисление угловых коэффициентов теплообмена излучением. - В сб. Геометрическое моделирование. Инженерная и компьютерная графика. Тез. докл. Всеукр. конф. Харьков, 1993, с.39
7. Пушко І.Т. Инверторный способ вычисления угловых коэффициентов теплообмена излучением. В сб. Геометричне моделювання. Інженерна та комп'ютерна графіка. Тез. доп. Всеукр. конф. Харків, 1993, с. 40
8. Пушко І.Т. О некоторых геометрических свойствах радиально-параллельного проецирования. - В сб. Геометричне моделювання. Інженерна та комп'ютерна графіка. Тез. доп. Всеукр. конф. Харків, 1993, с. 41

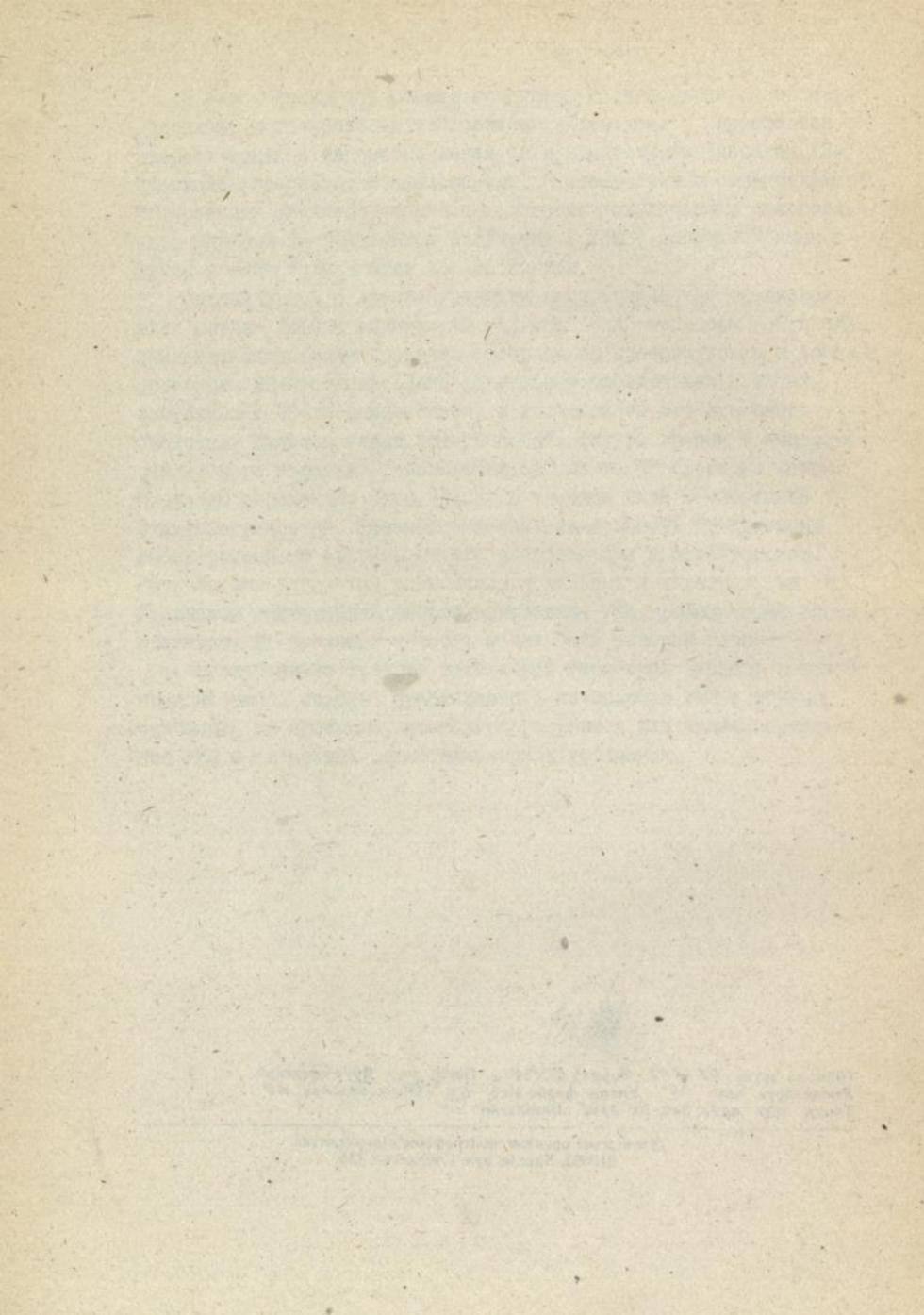
В диссертационной работе выполнены исследования по геометрическому моделированию теплообмена излучением — разработана теоретическая и алгоритмическая база для точного описания RP -проекций поверхностей теплообмена. К построению соответствующей RP -проекции сводится задача определения локального и интегрального угловых коэффициентов излучения (УКИ), широко применяющихся в теплотехнических исследованиях.

Сделан вывод о нерспективности алгоритмической реализации идеи метода "сферы единичного радиуса" с применением R -функций, аналитического моделирования отображения проецирования и точным описанием RP -проекций. Даны формальные определения понятий, связанных с RP -проецированием, и исследованы его основные свойства. Выявлен класс поверхностей: фигуры уровня и поверхности второго порядка, позволяющих описывать RP -проекции точно. Получены выражения, описывающие в неявном виде RP -проекции этих поверхностей. Проанализирована зависимость RP -проекции геометрического объекта от его расположения в пространстве. Разработаны алгоритмы вычисления локальных и интегральных УКИ. Предложен инверторный способ вычисления УКИ, расширяющий класс объектов, RP -проекция которых может быть описана точно.

Использование средств прикладной геометрии явилось основой предлагаемого способа приближенного вычисления УКИ с точным описанием RP -проекций, позволившего решить ряд задач определения УКИ в элементах теплотехнических установок.

Підл. до друку 03.11.93. Формат 60×84¹/₁₆. Папір. друк. Друк офсетний.
Умови. друк. арк. 10. Умови. фарбо-відб. 14. Облік. вид. арк. 10.
Тираж 100 прим. Зам. № 3344. Безплатно.

Харківське орендне поліграфічне підприємство.
310093, Харків, вул. Свердлова, 115.



168105

AB 28.665

AB 28.665