

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ



ЛОГАЧОВ МИХАЙЛО ЯКОВИЧ

На правах рукопису
УДК 615.2

УПРАВЛІННЯ ФОРМОЮ ПОВЕРХОНЬ ОБОЛОНОК,
ЩО ФОРМУЮТЬСЯ ПІД ВПЛИВОМ НОРМАЛЬНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Спеціальність 05.01.01 - Прикладна геометрія, комп'ютерна
графіка, дизайн та ергономіка

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

К И Ї В - 1 9 8 5

До захисту пропонується рукопис
Роботу виконано в Київському державному технічному університеті
будівництва і архітектури.

Науковий керівник:

ЛНБ України ім. В. Стефаника



00761261 (N)

Офіційні опоненти:

- доктор технічних наук,
професор Грибов С.М.
Кандидат технічних наук,
доцент Фесан О.М.

Провідна організація: вказано в рішенні спеціалізованої ради

Захист відбудеться "26" жовтня 1995 р. о 14.00 годині на
засіданні спеціалізованої вченої ради Д 01.18.06 в Київському
державному технічному університеті будівництва і архітектури за
адресою: 252037, Київ-37, Повітрофлотський проспект, аудиторія _____

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Київського
державного технічного університету будівництва і архітектури.

Автореферат розіслано "25" *сентября* 1995 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 01.18.06
кандидат технічних наук, доцент

Плюский В.О.

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

Актуальність теми. При проектуванні сучасних об'єктів будівництва і архітектури, розробці нових технічних об'єктів важливе місце займає етап геометричного моделювання, коли на стадії ескізу визначаються основні параметри їх геометричної форми. При цьому комплекс умов, що вимагаються від геометрії об'єкту, потребує створення цілого набору різноманітних варіантів моделей оперативного управління їх формою, локального коригування окремих частин поверхні об'єкту, а також аналізу та порівняльної оцінки варіантів задачі проектування, що розв'язується.

Процес ескізного проектування і практичної розробки щільно пов'язаний з необхідністю оперативного управління формою об'єкту, можливістю проведення локальних коригувань у процесі формоутворення і аналізу одержаних результатів на всіх етапах проектування. Всі ці задачі можуть бути ефективно розв'язані лише із застосуванням сучасних засобів обчислювальної техніки. Високі обчислювальні можливості сучасних персональних комп'ютерів дозволяють виконувати всі етапи проектування з високим ступенем ітеративності у режимі реального часу.

При створенні геометричних моделей об'єктів, що формуються під впливом надмірного нормального тиску, на стадії ескізного проектування очевидна необхідність чіткого уявлення про суттєвість процесу формування, про параметри управління формою дискретних моделей, про можливості оперативного втручання в хід процесу розрахунків. Тому дана робота, що виходить із загальних теоретичних передумов дискретного моделювання, присвячена дослідженню геометричних аспектів моделювання та управління формою дискретних сіток і розробці алгоритмів, що є реалізацією автоматизованого процесу формування поверхонь класу покриття або оболонки за наперед заданими умовами та їх коригування за заданими потребами.

Ціль роботи. Розробити способи геометричного моделювання та

управління формою об'єктів типу оболонок, що формуються і працюють під впливом рівномірно (або функціонально) розподіленого зовнішнього або внутрішнього надмірного тиску за заданими параметрами.

Для досягнення цієї цілі в роботі поставлено такі теоретичні і практичні геометричні задачі:

- розробити геометричну модель оболонки, що сприймає внутрішній або зовнішній рівномірно розподілений тиск;
- розробити спосіб дискретного моделювання теоретичної поверхні оболонки, що має гнучкі або жорсткі управляючі елементи з врахуванням властивостей матеріалів та характеру навантаження;
- розробити алгоритми управління формою поверхонь оболонок за заданими метричними характеристиками;
- розробити поетапну схему процесу моделювання комбінованих оболонкових конструкцій;
- створити програмний комплекс, що реалізує алгоритми математичного моделювання форми і подання одержаних поверхонь;
- впровадити результати досліджень у практику проектування.

Методика досліджень. Для розв'язання задач, що поставлені в роботі, застосовано методи нарисної, аналітичної, диференціальної та обчислювальної геометрії, теорії дискретних сіток, способів обчислювальної техніки і машинної графіки.

Загальною теоретичною базою для досліджень стали роботи:

- з питань конструювання поверхонь і геометричного моделювання: І.І. Котова, В.Є.Михайленка, В.М.Найдиша, В.А.Осипова, А.В.Павлова, О.Л.Підгорного, А.М.Тевліна, С.А.Фролова, Й.В.Цвїцінського, В.І.Якувіна та їх учнів;
- з питань дискретного моделювання поверхонь із врахуванням спеціальних вимог і умов: С.М.Грибова, С.М.Ковальова, В.Є.Михайленка, В.М.Найдиша, О.Л.Підгорного та їх учнів;
- з питань перетворення кривих і поверхонь: Ю.І.Бадаєва, А.М.Висоцького, В.С.Обухової, Н.І.Седлецької та інш.;
- з питань автоматизованого проектування: Л.Н.Авдотьїна, С.М.Грибова, Л.Г.Дмитрієва, В.М.Кислюккого, К.О.Сазонова, В.І.Яку-

ніна та інш.

Наукову новизну досліджень складають:

- методи утворення дискретної моделі поверхні, що формується за наперед заданими умовами під дією нормального навантаження;
- способи управління формою дискретних сіток нормального навантаження;
- алгоритми автоматизованого проектування і управління формою поверхонь на стадії пошукового комп'ютерного проектування.

Практичну цінність досліджень, що виконані, складають розроблена методика і ряд геометричних та комп'ютерних алгоритмів проектування і управління формою дискретних каркасів складених поверхонь на стадії ескізного проектування, які дозволяють значно зменшити трудомісткість та скоротити час створення раціональних форм просторових покриттів.

На захист виносяться положення, що являють наукову новину роботи.

Реалізація роботи. Результати теоретичних досліджень, що одержані в роботі, прийнято до впровадження:

- в Українському регіональному техно-торговельному центрі "Ригонда";
- у службі головного механіка АТ "Западно-сибирский металлургический комбинат"

Апробація роботи. Основні положення дисертаційної роботи повідомлено і обговорено на 54-ій та 55-ої науково-практичних конференціях КДТУБА, на Всеукраїнській науково-методичній конференції "Геометричне моделювання, інженерна та комп'ютерна графіка" /м. Харків, 1993/, на Міжнародній науково-методичній конференції "Геометричне моделювання. Інженерна та комп'ютерна графіка" /м. Львів, 1994/, на наукових семінарах кафедри нарисної геометрії, інженерної та машинної графіки КДТУБА.

Структура та об'єм роботи. Дисертація складається із вступу, трьох глав, висновків, списку використаної літератури з *** найменувань і додатка та вміщує *** сторінок друкованого тексту,

Зміст роботи.

У вступі обґрунтована актуальність досліджень з теми дисертації, виконано аналіз літературних джерел та досягнень в області геометричного моделювання, сформульовано ціль та задачі дисертації, її наукова новизна та практична цінність, а також наведено інформацію про структуру та об'єм роботи.

У першій главі розглядаються загальні принципи формування дискретних моделей поверхонь нормального навантаження за наперед заданими умовами. Принципи формування дискретно-сіткових моделей пневмооболонки, що застосовані на ітераційних методах розв'язання систем скінчено-різницевих рівнянь, можуть бути успішно застосовані для розв'язання задач моделювання поверхонь технічних форм класу оболонок і мембран.

Як одна з початкових умов може бути прийнято задання координати одного з вузлів сітки (наприклад, центрального). У цьому випадку для збереження умови сумісності системи лінійних рівнянь, що описують рівновагу сітки (для кожної проекції) необхідно звільнити додаткову змінну. Такою змінною є відношення величини зовнішнього зусилля, що прикладається до вузла сітки, до коефіцієнта пропорційності k у рівняннях системи. У результаті розв'язання системи рівнянь для такої проекції сітки буде одержано набір значень відповідних координат усіх вільних вузлів і значення відношення P/k для вузла, координату якого раніше було задано, як початкову умову формування сітки.

На відміну від відомих методик розв'язання таких задач, метод, що пропонується, зводиться не до процесу покрокового наближення вільних вузлів сітки до заданого положення у просторі з використанням одного з вузлів (наприклад, центрального), як контрольного, а до пошуку положення всіх незакріплених вузлів, коли напрями векторів навантаження в цих вузлах найбільш точно відповідають напрямкам нормалей. Оцінка точності розв'язання здійснюється у

цьому випадку за результатами порівняння двох послідовних кроків ітераційного процесу з вибором за критерій оцінки зміщення вузлів між ітераціями.

Опис рівноваги кожного з вільних вузлів сітки дає в результаті (в загальному випадку) три системи лінійних рівнянь, що містять у собі, у вигляді невідомих, значення відповідних координат вільних вузлів та проєкцій зовнішнього зусилля в цих вузлах, віднесені до коефіцієнта пропорційності. Для чотирьохв'язних сіток рівняння має вигляд:

$$u_{i-1,j} + u_{i+1,j} + u_{i,j-1} + u_{i,j+1} - 4u_{i,j} + (P_{i,j}^u / k) = 0, \quad (1)$$

де u - узагальнене позначення координати вузла (x, y або z),

i, j - номери вузлів сітки,

$P_{i,j}^u$ - відповідна проєкція нормального зусилля, що прикладено у вузлі з номером (i, j),

k - коефіцієнт пропорційності.

У результаті розв'язання наведених систем рівнянь рівноваги одержується набір координат незакріплених вузлів сітки та значення проєкцій вектора зусилля в цих вузлах. Покрокове розв'язання систем рівнянь з коригуванням напрямів векторів зусиль у вузлах являє собою ітераційний процес, у якому всі рухомі вузли сітки прямують до рівноважного положення у просторі, а вектори зовнішніх зусиль, що прикладені в цих вузлах, розташовуються по напрямам нормалей до поверхні, що моделюється. Процес має збіжний характер, що дає можливість одержати єдине розв'язання задачі.

Узагальнений алгоритм формування нормально навантаженої дискретної сітки за заданими умовами виглядає так:

Алгоритм I

1. Вибір умов формування моделі (тип залежності, що зв'язує координати вузлів і зусилля, які прикладено у вузлах сітки) та задання аплікати одного з вузлів, наприклад, центрального.

2. Формування та розв'язання системи лінійних рівнянь з допущенням рівності зусиль у всіх вузлах та паралельності векторів

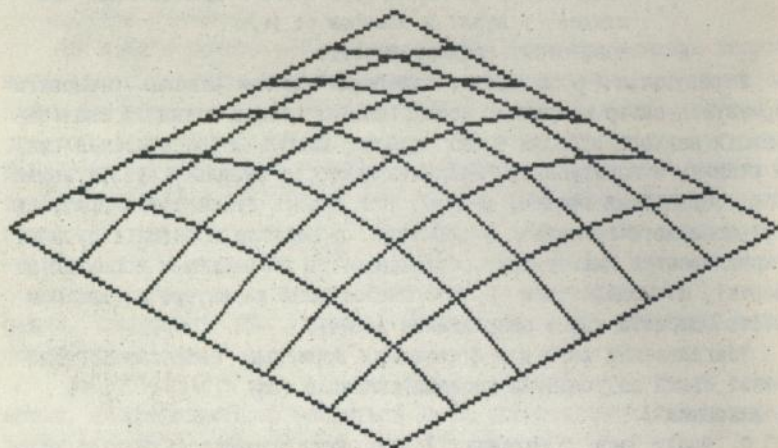


Рис. I

зусиль (розглядається тільки z -координата). Результатом розв'язання системи є значення аплікату незакріплених вузлів і значення відношення P/k у рівняннях системи.

3. Перезадання напрямів векторів нормалей та проєкцій зусиль в кожному з вузлів за одержаними значеннями аплікату і величини вектора зусилля.

4. Формування та розв'язання систем лінійних рівнянь для трьох проєкцій сітки на основі одержаних значень координат незакріплених вузлів сітки і проєкцій зусиль у цих вузлах. Результатом розв'язання є нові значення координат вільних вузлів та відношення P/k .

5. Контроль довжин в'язей або їх подовжень, площі поверхні, що одержана, об'єму, що обмежений оболонкою (при необхідності).

6. Оцінка зміщення вузлів сітки по відношенню до попереднього крока ітерації. Якщо це зміщення перевищує наперед встановлене, то процес повторюється з п.3, у протилежному випадку розрахунки вважаються завершеними.

Наведений алгоритм дозволяє реалізувати його для розв'язання широкого кола ітераційних задач дискретного моделювання. При відповідній зміні рівнянь стає можливим розв'язання задачі моделювання сіток комбінованого навантаження або пружно зігнутих оболонок. Також можливе розв'язання задачі моделювання сіток з порушенням регулярності (нерівномірний поділ плану або різна кількість вузлів у x - та y -напрямах).

Як приклад реалізації викладеного алгоритму розв'язана задача моделювання поверхні з плоским квадратним планом 6×6 чарунок і заданою аплікатою центрального вузла $Z_{00} = 10$. Наочне зображення одержаної поверхні наведено на рис.1.

Одним з факторів, що впливають на точність моделювання нормально навантажених поверхонь з використанням статико-геометричного способу, є точність визначення положення векторів нормальних зусиль у вузлах. При дискретному заданні поверхні точне визначення нормалі, як і інших диференціальних характеристик, є неможливим. У

цьому випадку можна говорити тільки про ступінь наближеності до ідеального розв'язання.

При статико-геометричному способі формування поверхні точність побудови нормалі може бути підвищена, якщо враховувати особливості способу.

У випадку моделювання поверхонь, що формуються і працюють під дією надмірного тиску, головним фактором, що впливає на процес формоутворення, є нормальний рівномірно розподілений надмірний тиск. Застосування скінчено-різницевої дискретних моделей дозволяє розглядати цей тиск як сукупність зосереджених у вузлах сітки зовнішніх або внутрішніх зусиль, напрям яких визначається наближено як нормаль до локальної ділянки поверхні. Якщо локальні ділянки поверхні (віддалені від краю) з достатнім ступенем точності розглядати як такі, що наближаються до сфери, то в цьому випадку можлива заміна стичного параболоїда стичною сферою. Як і у випадку використання стичного параболоїда, стична сфера повинна проходити через 5 суміжних вузлів розрахункової зірки сітки. Однак, оскільки єдина сфера визначається чотирма точками, пропонується проводити її через крайові вузли зірки, а центральний вузол використати як одну з точок для знаходження нормалі. Розв'язання може бути засновано на знаходженні центра сфери за її чотирма точками та наступному проведенні нормалі через визначений центр і центральний вузол зірки. Але такий підхід потребує врахування екстремальних випадків, коли крайові вузли зірки належать одній площині. При цьому можливі два випадки:

а) через крайові вузли проходить сфера з $R = \infty$;

б) через крайові вузли проходить однопараметрична множина сфер (наприклад, коли крайові вузли є вершинами прямокутника або квадрата).

Окрім того, у процесі машинної реалізації алгоритму точність одержаного результату може виявитись неприпустимою, якщо радіус сфери перевищує крок сітки на кілька порядків (при цьому машинні похибки округлення можуть суттєво змінити результат).

На основі вищевикладеного доцільно визначати не координати центра сфери, а тільки напрям нормалі, тобто звести розв'язання задачі до побудови нормалі до сфери з недосяжним центром.

Запропонований геометричний алгоритм визначення нормалі реалізовано у локальній системі координат, яка зв'язана з крайовими вузлами розрахункової зірки сітки таким чином, що три з них належать площині xy , а початок координат системи збігається з одним з цих вузлів. Розв'язання задачі визначення нормалі пояснює рис.2.

Таким чином, рівняння нормалі, що проходить через центральний вузол сітки II типу, має вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{x - x_M}{y_C z_A (2x_M - x_D)} = \frac{z - z_M}{2y_C z_A z_M - A} \\ \frac{y - y_M}{z_A (2y_C y_M - x_C^2 + x_C x_D - y_C^2)} = \frac{z - z_M}{2y_C z_A z_M - A} \end{array} \right. \quad (2)$$

де

$$A = x_A^2 y_C (x_A - x_D) - y_C (y_A^2 + z_A^2) - y_A (x_C^2 - x_C x_D + y_C^2),$$

і

$M(x_M; y_M; z_M)$ - центральний вузол зірки;

$A(x_A; y_A; z_A); B(0; 0; 0); C(x_C; y_C; 0); D(x_D; 0; 0)$ - крайові вузли.

Як критерій похибки при визначенні нормалі може бути прийнято ступінь наближеності кожної зірки сітки до поверхні сфери. Аналіз може бути проведено на основі вимірювання відхилення центрального вузла від поверхні сфери, що проведена через крайові вузли зірки. Якщо відхилення перевищує встановлену величину, необхідно здійснити перехід від використання стичної сфери до використання стичного параболоїда. Як проміжний варіант може бути використано стичний еліпсоїд.

Ефективне використання дискретних методів моделювання та ітераційних алгоритмів є можливим і для моделювання об'єктів типу замкнутої поверхні. Важливою відзнакою в заданні дискретних моделей цього типу є необхідність аналізу (у загальному випадку) векторної

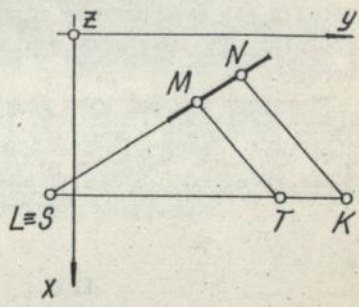
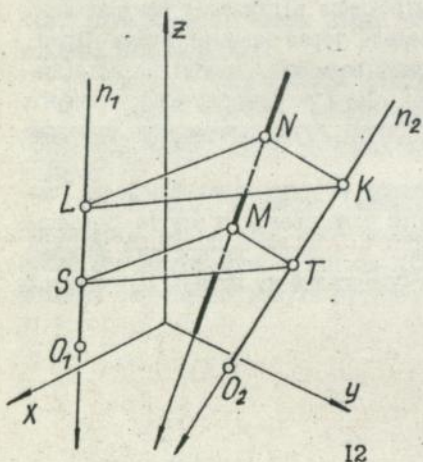
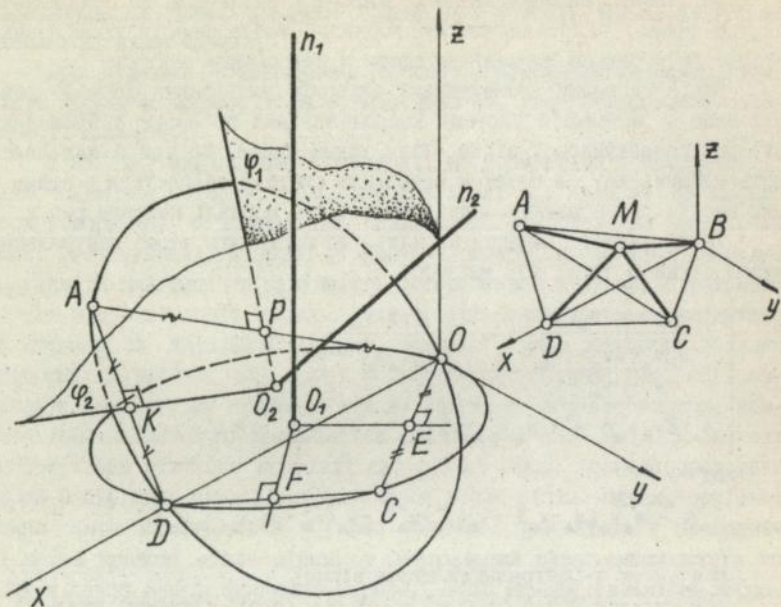


Рис. 2

суми всіх зовнішніх зусиль у вузлах сітки, а також врахування наявності вузлів різної топології. Найважливішою у цьому випадку є задача виявлення залежності між величиною вектора зовнішнього зусилля і числом в'язей, що сходяться у розрахунковому вузлі. Так, вузли розрахункової сітки, що формується під дією вертикального навантаження, належать поверхні еліптичного параболоїда

$$z = \frac{x^2}{2p_1} + \frac{y^2}{2p_2}.$$

а між зовнішнім зусиллям, що діє у центральному вузлі сітки, та числом в'язей, що сходяться у цьому вузлі, встановлено пряму пропорційну залежність

$$kP = \frac{nh^2}{2} \left(\frac{1}{2p_1} + \frac{1}{2p_2} \right), \quad (3)$$

де:

n - число в'язей, що сходяться у вузлі сітки,

P - зовнішнє зусилля, що діє на вузол.

При розв'язанні задач моделювання сіток нормального навантаження аналогічна залежність визначається за умовою розміщення вузлів сітки на поверхні сфери. Ця залежність є справедливою для вузлів замкнених рівноважних сіток I-III типів, що дозволяє розв'язувати задачі дискретного моделювання для сіток з локальними порушеннями регулярності.

У другій главі розглянуто питання управління формою поверхонь, що моделюються. Вплив управляючих елементів на поверхню, що моделюється, може бути представлено або у вигляді додаткових зовнішніх зусиль, що прикладено в окремих вузлах сітки, або як сукупність зусиль у самих в'язях дискретної моделі.

За характером взаємодії з поверхнею, що моделюється, управляючі елементи (УЕ) можна розподілити на три групи: незмінні, змінні та комбіновані.

До незмінних належать такі елементи, форма і положення яких у процесі зміни форми поверхні залишаються незмінними:

а) точкові жорсткі опори;

- б) жорсткі арки;
- в) жорсткі опорні поверхні.

Змінні УЕ не пов'язані з певними точками або лініями на поверхні, тобто їх форма і положення відносно точок цієї поверхні може змінюватись у процесі формоутворення:

а) гнучкі стабілізуючі троси, що ковзають по поверхні (лінійний характер контакту з поверхнею).

б) площини і поверхні (оболонки), що змінюють положення або форму під дією зусиль з боку моделюваної поверхні (сітки, що являють комбінацію ковзаючих тросів; еластичні оболонки з змінною площею контакту).

Проміжна група УЕ сполучає у собі властивості першої та другої груп:

- а) точкові відтяжки;
- б) жорсткі вставки, плити;
- в) жорсткі рами і каркаси.

УЕ цієї групи можна уявити як сукупність вузлів сітки, що моделює поверхню, які мають менше число ступенів свободі в порівнянні з рештою вузлів сітки.

Окрім цих варіантів, до елементів управління формою можна віднести саме опорний контур, який безпосередньо впливає на форму поверхні.

У практичних задачах формування поверхонь найчастіше використовуються управляючі елементи із точковим характером дії на поверхню, що формується. До цієї групи можна віднести такі типи УЕ:

- а) точкова жорстка опора;
- б) гнучка (тросова) відтяжка;
- в) стяжка (жорстка або еластична).

За характером взаємодії УЕ і поверхні, що моделюється виділяються такі основні відзнаки в моделюванні УЕ цієї групи. Точкову жорстку опору можна уявити як жорстко фіксований вузол, жодна координата якого не змінюється. При цьому вузол сітки, який відповідає жорсткій опорі, нічим не відрізняється від вузлів опорного

контур. Його координати задаються як вихідні дані і рівняння рівноваги для нього не складається. У цьому випадку зменшення числа рівнянь системи не порушує її розв'язності.

Модель троса - відтяжки може розглядатись як вузол з двома вільними параметрами; у якості фіксованого параметра необхідно задати відстань між точками кріплення відтяжки.

Найбільш поширеними у практиці є лінійні управляючі елементи типу стабілізуючих тросів. Якщо трос розглядати як жорстко зв'язаний з поверхнею, то його дискретна модель реалізується як ламана лінія в'язей дискретної сітки, зусилля в яких відрізняються від зусиль у решті в'язей. В рівняннях рівноваги ця різниця визначається введенням другого коефіцієнту пропорційності для зусиль у в'язях, що складають модель троса:

$$k_1 (u_{i-1,j} - u_{i,j}) + k_1 (u_{i+1,j} - u_{i,j}) + k (u_{i,j-1} - u_{i,j}) + k (u_{i,j+1} - u_{i,j}) + P^U = 0 \quad (4)$$

де u - узагальнене позначення координат (x , y або z),

i, j - номери вузлів сітки,

P^U - відповідна проекція нормального зусилля, що діє на вузол з індексами (i, j),

k - коефіцієнт пропорційності між довжинами в'язей сітки і зусиллями у цих в'язях,

k_1 - коефіцієнт пропорційності між довжинами в'язей стабілізуючого троса і зусиллями.

У даному випадку параметри k і k_1 не є конструктивними, тому, прийнявши їх як невідомі, можна за управляючі параметри обрати координати точок поверхні і стабілізуючого троса.

Система рівнянь, що описує рівновагу системи "поверхня-трос", є нелінійною, що веде до ускладнень з її розв'язанням і зниженню точності результату. Уникнути цих труднощів дозволяє використання методу функціонального додавання, що дає змогу звести задачу до розв'язання системи лінійних рівнянь.

Для моделювання поверхні, що містить у собі стабілізуючі троси,

пропонується такий алгоритм.

Алгоритм 2.

І. Підготовка вихідних даних:

а) задання топології сітки;

б) задання опорного контуру у вигляді сукупності координат крайових вузлів;

в) вибір ліній в'язей, які будуть розглядатись як троси;

г) задання координат двох вузлів сітки M і N , що грають роль конструктивних параметрів форми і використовуються для розрахунку значень вагових коефіцієнтів t_1 і t_2 у способі додавання функцій.

2. Вибір значення коефіцієнтів k_1 і k_2 для в'язей сітки (в'язь-трос та звичайна в'язь) для двох варіантів сітки:

варіант (а) - $k_1 = I$; $k_2 = IO$ (модель з тросами);

варіант (б) - $k_1 = I$; $k_2 = I$ (модель без тросів).

3. Складання і розв'язання системи рівнянь рівноваги для варіантів (а) і (б) за умовою, що зусилля - вертикальні, а значення P - невідоме. Для вузлів у складі в'язі-троса рівняння рівноваги записуються у відповідності з (4)

$$k_1 (u_{i-1,j} + u_{i+1,j} - 2u_{i,j}) + k_2 (u_{i,j-1} + u_{i,j+1} - 2u_{i,j}) + P_{i,j}^u = 0,$$

а для решти вузлів

$$k_1 (u_{i-1,j} + u_{i+1,j} + u_{i,j-1} + u_{i,j+1} - 4u_{i,j}) + P_{i,j}^u = 0.$$

де $u = \alpha, \gamma, z$.

4. Визначення значень вагових коефіцієнтів t_1 і t_2 за заданими параметрами форми поверхні.

5. За формулою

$$z_{i,j} = t_1 z_{i,j}^{\cdot\cdot} + t_2 z_{i,j}^{\cdot\cdot\cdot}$$

що відбиває процес функціонального додавання, визначаються аплікації всіх вузлів сітки у першому наближенні.

6. За відомими координатами вузлів попереднього наближення визначаються напрями нормалей у вузлах сітки та розраховуються координатні складові нормальних зусиль (з точністю до подоби) у вуз-

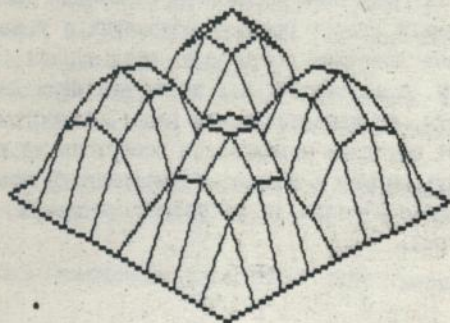
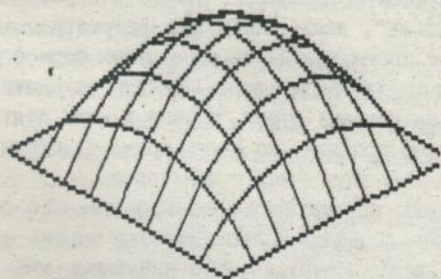
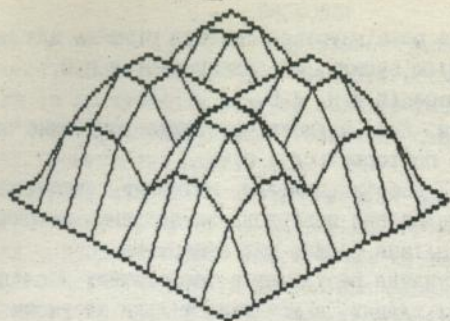


Рис. 3
17

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

лах сітки.

7. Складаються та розв'язуються системи рівнянь для варіантів (а) і (б) сітки під дією зусиль, що розраховані у п.6.

8. Повторення операція п.п. 4-5.

9. Аналіз похибки. Якщо похибка перевищує допустиме значення, то ітераційний процес повторюється з п.6.

У третій главі роботи описано методикку автоматизованого розв'язання задач моделювання поверхонь за заданими метричними характеристиками і управління формою цих поверхонь.

Практичне застосування результатів теоретичних досліджень, що виконані у перших двох главах, є можливим тільки за умови використання обчислювальної техніки та засобів машинної графіки.

Для реалізації на ПЕОМ запропонованих алгоритмів розроблено програмний комплекс "PRESSURE", який дозволяє в автоматизованому режимі здійснювати процес проектування та управління формою дискретних поверхонь у процесі їх формування. Процес автоматизованого проектування поділено на основні етапи, кожний з яких підтримується відповідним комплексом програм, що мають модульну структуру. Ці етапи об'єднані управляючою програмою - монітором.

Розроблений комплекс автоматизованого проектування поверхонь нормального навантаження дозволяє автоматизувати окремі етапи побудови геометричної моделі поверхонь типу оболонок або мембран, конструювати поверхні за заданими геометричними параметрами, а можливість виведення на графічний дисплей та створення твердих копій практично на будь-якій стадії процесу розрахунків у залежності від потреби користувача дозволяє оперативню аналізувати і коригувати результати роботи, в залежності від зміни вихідних даних.

Практичні приклади, що наведено у цій главі, ілюструють можливість запропонованої методики моделювання поверхонь та управління їх формою і доводять переваги апарату геометричного моделювання для розв'язання задач ескізного проектування реальних об'єктів класу оболонок і мембран.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі розроблено способи управління формою дискретно-сіткових геометричних моделей оболонок нормального навантаження із врахуванням наперед заданих умов стосовно до пошукового комп'ютерного проектування технічних поверхонь. Зокрема, одержані такі геометричні результати.

1. Запропоновано алгоритм формування дискретної нормально навантаженої сітки, що дозволяє як вихідну геометричну умову використати одну з координат довільного вузла сітки. Ця координата може бути використана як параметр управління формою поверхні.

2. Розроблено алгоритм наближеної побудови нормалі до поверхні, що моделюється дискретною сіткою нормального навантаження. Запропонований спосіб враховує особливості формування сітки, що дозволяє знизити огріхи моделі.

3. Встановлено характер залежності, що зв'язує величину нормального зовнішнього зусилля у вузлі дискретної n -зв'язної сітки і число в'язей, що сходяться у цьому вузлі. Виявлення характеру цієї залежності дозволяє будувати дискретні моделі різної топології для цієї самої поверхні.

4. Виявлено шляхи управління формою поверхні, що моделюється, із використанням точкових та лінійних управляючих елементів, що дозволяє збільшити число параметрів управління формою поверхні.

5. Запропоновано спосіб моделювання поверхні, що містить у собі лінійні стабілізуючі елементи, з використанням функціонального додавання, що дозволяє перейти від розв'язання системи нелінійних рівнянь рівноваги сітки до лінійних.

6. На основі запропонованих геометричних алгоритмів розроблено програмний комплекс для автоматизованого пошуку форми об'єкта, що проектується.

7. Результати теоретичних досліджень прийняті для впровадження у практику проектування технічних об'єктів складної геометричної форми.

Основні положення дисертації опубліковано у таких роботах

автора:

1. Поян А.Н., Штирбул И.И., Логачев М.Я. Алгоритмы задания касательных и кругов кривизны при конструировании гладких двумерных обводов. // Прикл. геометрия и инж. графика. - Киев: Будівельник, 1992. - Вып. 53. - с.81-83.

2. Логачев М.Я. Алгоритм формирования дискретной сети с нормальным нагружением по наперед заданным условиям. // Прикл. геометрия и инж. графика. - Киев: Будівельник, 1993. - Вып. 55. - с.165-166.

3. Логачев М.Я. О подготовке исходных данных для итерационных задач формирования дискретных каркасов поверхностей. // Геометричне моделювання, інженерна та комп'ютерна графіка: Тез. допов. на Всеукраїнськ. науково-методичн. конф., 21-23 вересня 1993 р. - Харків, 1993. - с.138.

4. Логачев М.Я. Определение нормали к дискретно заданной поверхности с помощью соприкасающейся сферы. // Геометричне моделювання, інженерна та комп'ютерна графіка: Тез. допов. на Міжнародн. науково-методичн. конф., м. Львів, Держ. Унів. "Львівська Політехніка" 22-24 листопада 1994 р.: Львів, Держ. Унів. "Львівська Політехніка" 22-24 листопада 1994 р., с. 26-27.

Логачев Михаил Яковлевич. Управление формой поверхностей оболочек, формируемых под действием нормального нагружения.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.01.01 - "Прикладная геометрия, компьютерная графика, дизайн и эргономика".

Киевский государственный технический университет строительства и архитектуры. Киев, 1995.

Защищаются четыре научных работы, в которых изложены вопросы дискретного геометрического моделирования поверхностей, формируемых под действием нормального давления по наперед заданным условиям.

Разработан геометрический аппарат и компьютерные алгоритмы

формирования поверхностей класса оболочек и мембран и управления их формой на стадии эскизного проектирования. Разработан комплекс программ для использования при проектно-конструкторских работах.

Ключевые слова: Геометрическое моделирование, нормальное нагружение, управление формой, управляющий элемент.

The thesis on scientific degree candidate of science (technology) by speciality 05.01.01 - Applied geometry, computer graphics, design and ergonomics. The Kiev state technical University of building and architecture, Kiev, 1995.

Defending for scientific works in which gives an account describe of shape's discrete geometric modeling formed by normal pressure by initial parameters. Solved the geometric techniques and computer algorithms of casings and membranes and their control on stage of design.

The complex of programs for projecting and constructing work are solved.

Keywords: Geometric modelling, normal pressure, form ruling, ruling element.

Підп. до друку 19.03.95

Формат 60×84^{1/12}.

Папір друк. № 1. Спосіб друку офсетний. Умовн. друк. арк. 10.

Умовн. фарбо-відб. 10. Обл.-вид. арк. 10.

Тираж 100. Зам. № 5-4111.

Фірма «ВІПОЛ»

252151, Київ, вул. Волинська, 60.

114028

AB 33.100