

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

На правах рукопису

СОРОКІН Дмитро Володимирович

**ІНТЕРАКТИВНЕ ГРАФІЧНЕ ПРОСТОРОВЕ ТРАСУВАННЯ ПОВЕРХНІ
КОМУНІКАЦІЇ ЗІ ЗМІННИМИ ПЕРЕРІЗАМИ**

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

Автореферат
дисертації на здобуття вченого ступеню
кандидата технічних наук

КИЇВ 1995

АВ 33.036

До захисту подається рукопис.

Роботу виконано
верситеті будівництва
Науковий керівник:

ЛНБ України ім.В.Стефаніка



00761264 (Q)

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук,
професор **Бадаєв Ю.І.**,
кандидат технічних наук
Демченко В.В.

Провідна організація:

Київський державний
авіаційний завод

Захист відбудеться "26" жовтня 1995 року о 13 годині
на засіданні спеціалізованій вченій раді Д 01.18.06 в Ки-
ївському державному технічному університеті будівництва і
архітектури за адресою: 252037 м. Київ, Повітрофлотський
проспект 31, аудиторія 319.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Київсько-
го державного технічного університету будівництва і архітек-
тури.

Автореферат розіслано "25" вересня 1995 р.

Вчений секретар
спеціалізованої ради Д 01.18.06
к.т.н., доцент

ПЛОСКИЙ В.О.

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність проблеми. Автоматизація проектування на базі комп'ютерної графіки є одним із основних засобів підвищення якості, а також скорочення строку при розробці об'єктів машинобудування. Безперервний розвиток обчислювальної техніки визначає необхідність удосконалення існуючих, а також розробки нових методів проектування. Для створення сучасних методів потрібні якісно нові підходи до автоматизації проектування. Враховуючи тенденцію збільшення використання підсистем 3D геометричного моделювання в інтегрованих САПР, одним із таких підходів є інтерактивне графічне просторове проектування (ІГПП).

Перевага цього напрямку полягає в реалізації графічного інтерфейсу для тривимірного проектування об'єктів різноманітного призначення безпосередньо на наочних комп'ютерних зображеннях простору сцени, що моделюється. Графічний інтерфейс і наочне комп'ютерне зображення виступають інструментом проектувальника для вирішення відповідних задач.

Традиційні методики графічного вирішення задач прокладання комунікацій різноманітного призначення передбачають трасування комунікацій в ортогональних проекціях. Але при достатньо складних формах траєкторії трасування, насиченості елементів і параметрів обмежень в об'єкті, що проектується, використання традиційного підходу неефективне. Для вирішення таких задач, здебільшого, створюють і використовують макети і моделі виробів, що проектується, котрі виконуються в масштабі або в натуральну величину. Цей етап в процесі проектування нового виробу збільшує час і вартість проектування.

В деяких задачах проектування комунікації мають змінні перерізи по довжині. В загальному випадку під терміном комунікація будемо мати на увазі трубопровід, канал та/або кабель. Під кабелем розуміють сукупність дротів, замкнених в загальну еластичну оболонку, що дозволяє змінювати форму переріза кабеля. Відповідно, поверхня комунікації зі змінними перерізами (ПКЗП) в кожному

певному випадку описує поверхню спеціального трубопровода, каналу поверхню та/або поверхню кабеля.

Питанням геометричного моделювання поверхонь комунікацій і автоматизації їх проектування були присвячені дослідження, виконані в МАІ, МАШІ, КПІ, КДТУБА, а також за кордоном. Огляд і критичний аналіз літературних джерел і результатів у цьому напрямку дозволяє зробити висновок про актуальність досліджень в галузі розробки і створення технології просторового трасування поверхні комунікації зі змінними перерізами засобами комп'ютерної графіки. Запропоноване вирішення цього питання дозволяє організувати процес просторового трасування ПКЗП із збереженням геометричних проектних параметрів і урахуванням оточуючих факторів обмеження.

Мета роботи. Розробити технологію графічного просторового трасування поверхні комунікації зі змінними перерізами і створити підсистему діалогового графічного просторового проектування ПКЗП.

Для досягнення цієї мети в роботі поставлені такі задачі:

- створення геометричної моделі і алгоритмів для формування поверхні комунікації зі змінними перерізами засобами комп'ютерної графіки;
- розробка математичної моделі поверхні ділянки комунікації зі змінними перерізами і математичного забезпечення для реалізації графічного проектування та проектних процедур;
- створення технології графічного просторового трасування поверхні комунікації зі змінними перерізами на комп'ютерних зображеннях простору, що моделюється;
- впровадження створеної підсистеми графічного просторового трасування в практику проектування.

Методика досліджень. Теоретичною базою для даних досліджень були роботи вітчизняних і закордонних вчених в галузі інтерактивної машинної графіки, побудови, функціонування САПР, автоматизації проектування Кнута Д., Норенкова І.П., Сазонова К.О., Фолі Дж., Шлехтендаля Г. та інші, геометричного моделювання технічних форм та поверхонь Іванова Г.С., Ковальова С.М. Михайленка В.Є., Обухової В.С., Осипова В.А., Павлова А.В., Підгорно-

го О.Л., Фокса А. та інші.

Рішення поставлених в дисертаційній роботі задач здійснюється на базі інтерактивної машинної графіки, теорії розробки, побудови і функціонування САПР, нарисної, аналітичної, диференціальної, обчислювальної геометрії і математичного аналізу.

Наукова новизна. Новими результатами, отриманими в дисертаційній роботі, є:

- геометричні алгоритми і математичне забезпечення процедур формування поверхні комунікації зі змінними перерізами засобами комп'ютерної графіки, що орієнтовані на реалізацію технології інтерактивного графічного просторового проектування;
- технологія графічного трасування поверхні комунікації зі змінними перерізами в інтерактивному режимі на наочних комп'ютерних зображеннях простору, що моделюється.

Практична цінність роботи полягає в створенні технології графічного просторового трасування поверхні комунікації зі змінними перерізами різноманітного призначення в складній просторовій ситуації і підсистеми графічного проектування, яка реалізує дану технологію.

На захист виносяться положення, що сформульовані в науковій новизні, і методичне забезпечення підсистеми інтерактивного графічного просторового трасування TRASCUS.

Реалізація роботи. Розроблені технологія графічного просторового трасування ПКЗП і підсистема інтерактивного графічного просторового трасування TRASCUS втілені на державному підприємстві "КРАСМАШЗАВОД" м. Красноярська.

Апробація роботи. Головні положення дисертаційної роботи обговорені на Республіканських конференціях в м. Харкові, м. Львові. На 54, 55 - й науково-практичних конференціях КДТУБА (м. Києва 1993-94 р.), на наукових семінарах кафедри нарисної геометрії, інженерної і машинної графіки КДТУБА (м. Київ 1991-1994 р.).

Публікації. Головний зміст дисертаційної роботи опубліковано в двох наукових статтях і трьох тезах.

Дисертація складається з вступу, трьох глав, висновку і списку використаної літератури із 129 найменувань. Робота містить 95 сторінок машинописного тексту, 37 малюнків і 2 таблиці.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі виконано огляд і критичний аналіз літературних джерел, а також накових результатів у даному напрямку. Сформульована постановка задачі і обґрунтована актуальність досліджень з питань просторового трасування поверхні комунікації зі змінними перерізами засобами комп'ютерної графіки.

В першій главі розроблено геометричне забезпечення технології графічного просторового трасування. Сформульовані вимоги до геометричної моделі ПКЗП та її визначення.

Геометрична модель та геометричні алгоритми формування ПКЗП відповідають одночасно вимогам функціонального призначення об'єкта, що проектується, та ефективній реалізації у межах технології просторового графічного проектування. При розробці геометричної моделі ПКЗП були забезпечені такі групи вимог:

1. Ефективність геометричних та аналітичних алгоритмів формування ПКЗП;
2. Можливість зручної реалізації алгоритмів у межах запропонованої технології;
3. Адекватність описаної моделі реальним об'єктам проектування.

Приймаючи до уваги викладені вище групи вимог, була сформульована геометрична модель ПКЗП, що орієнтується на технологію графічного просторового трасування.

Згідно з обраною геометричною моделлю поверхні комунікації забезпечені два етапи утворення об'єкту:

1. Формування набору перерізів у просторі сцени, що моделюється;
2. Формування самої поверхні комунікації за заданим каркасом перерізів.

Згідно з першим етапом формування ПКЗП і беручи до уваги підхід, спрямований на багатоваріантне проектування, а також діапазон можливих обмежень при трасуванні, запропоновано достатній вибір альтернатив для формування перерізів. Враховуючи можливі обмеження ситуації, що моделюється, було використано такі криві, щоб надати певної можливості вибору при формуванні перерізів: еліпс (коло), гіпереліпс (ступінь >2), крива у вигляді $r(\theta) = a + c \cos n\theta$, довільна плоска замкнена крива у формі сплайна.

В роботі запропоновано такі підходи до задання еліпсу :

- двома півосями;
- з незафіксованою вершиною;
- з незафіксованим центром;
- враховуючи дотик.

Одним з основних параметрів комунікації є площа перерізу. Тому з прикладної точки зору доцільно скористатися площею перерізу як характеристикою, що зв'язує один параметр форми кривої. Останні три підходи ставлять у пригоді в різних ситуаціях трасування.

При другому підході варіювання положенням вершини еліпсу дозволяє керувати формою та положенням кривої, що є адекватним до використання перетворень обертання навколо центру та/або масштабування.

При третьому підході варіювання положенням центру еліпса призводить до керування його формою і положенням, що є адекватним використанню масштабуючих перетворень та/або обертання навколо вершини еліпсу. Машинну реалізацію алгоритмів подано на рис.1,2.

В останньому підході варіювання положення центра еліпсу забезпечує розміщення перерізу з урахуванням дотику прямолінійного обмеження.

Запропоновані алгоритми графічного задання еліпсу забезпечують необхідний діапазон варіантів розміщення з урахуванням обмежень у площині кривої, що формується. Як обмеження визначені такі примітиви: пряма, дві прямі, дуга кола, довільна крива. Ре-

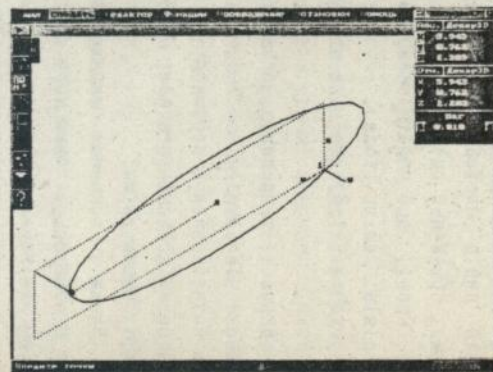
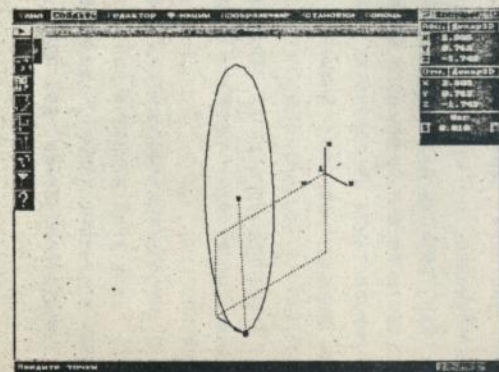
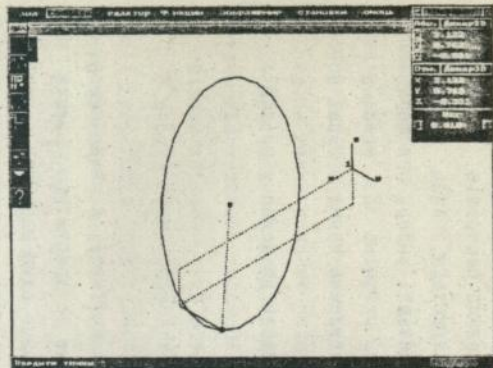
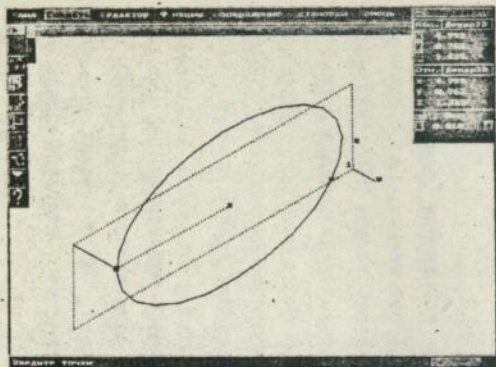


Рис. 1

3-5-4120

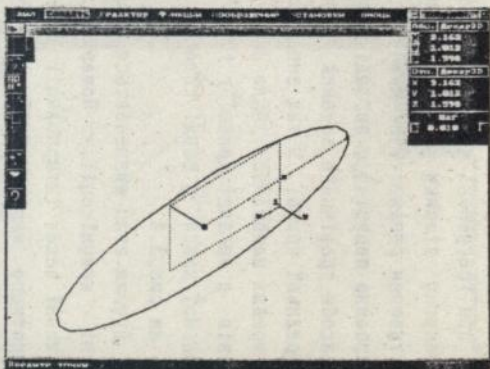
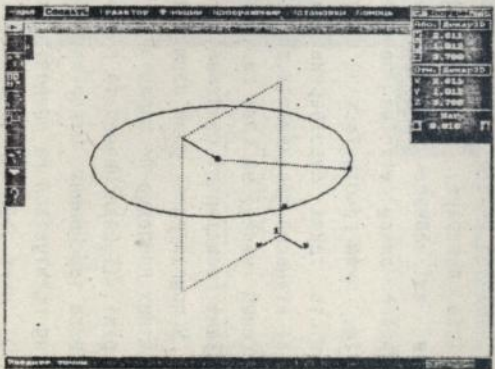
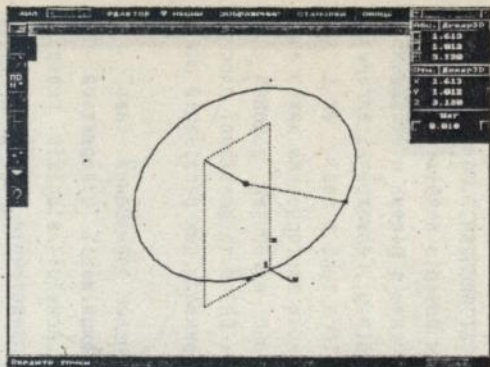
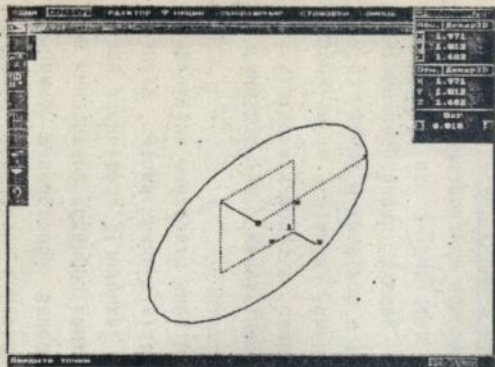


FIG. 2

альна ситуація з обмежувачими елементами являє сукупність цих примітивів.

При трасуванні комунікацій можливі випадки, коли у задану прямокутну ділянку потрібно вписати переріз найбільшої площини зі ступенем гладкості не нижче C^2 . Одним з рішень цієї задачі є формування перерізу у вигляді гіпереліпсу. Геометричні алгоритми та засоби графічного задання гіпереліпса такі ж самі, як і для попередньої кривої. У тих випадках, коли застосування вищезгаданих кривих неможливе, було використано алгоритми задання перерізів у вигляді кривої $r(\theta) = a + \cos n\theta$ та довільної плоскої замкненої кривої у формі сплайна. Приклади цих реалізацій наведені на рис.3,4.

Другий етап визначається процедурами формування самої поверхні комунікації. Поверхня комунікації утворюється при вирішенні задач інтерполяції або апроксимації відсіків поверхні дискретного каркасу ПКЗП. З метою представити відсіки поверхні використовуються поліноміальні засоби опису відсіків, які добре зарекомендували себе у САПР. Кожне з представлень (Безье, В-сплайни, Фергюсона) виявляється ефективним в різних ситуаціях конструювання об'єкта.

Оскільки результатом проектування є ПКЗП, що складається з відсіків поверхні, доцільно мати засоби взаємозворотних переходів, які забезпечують запис нової потрібної форми у термінах існуючого опису відсіка поверхні. Заради цього пропонується підхід, який ґрунтується на рівності n похідних у точці $(0,0)$. Наявність таких перетворень забезпечує гнучкість геометричної моделі відносно поставлених до неї вимог, а також можливість перенесення моделі на інші системи проектування, які підтримують незбіжні геометричні уявлення.

У другій главі розв'язуються питання утворення екземплярів проектних процедур по формуванню перерізів комунікацій, ділянки поверхні. Її редагування та розробки технології графічного просторового трасування. Створення проектних процедур формування перерізу ґрунтується на операціях керування просторовим символом (КПС), який зв'язаний з локальною системою координат (ЛСК). Ви-

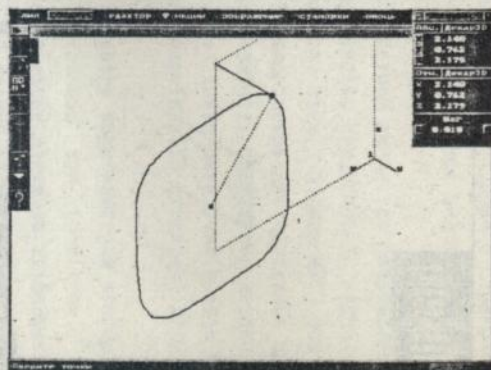
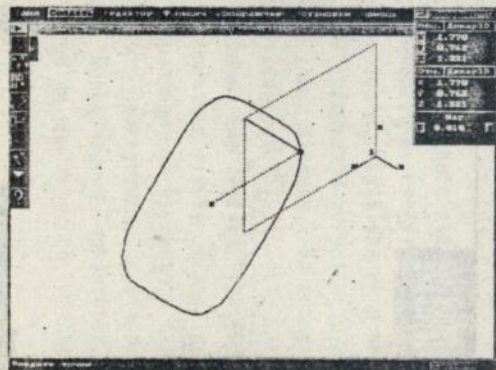
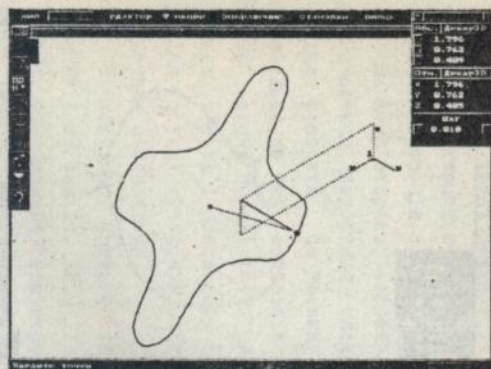
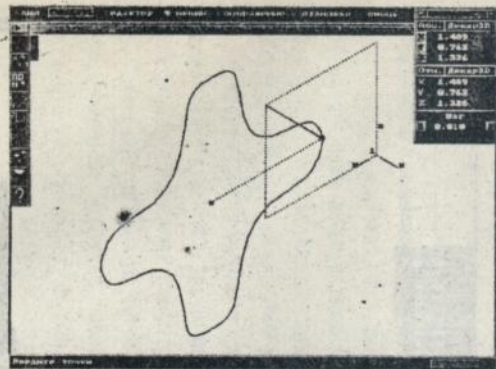


Рис. 3

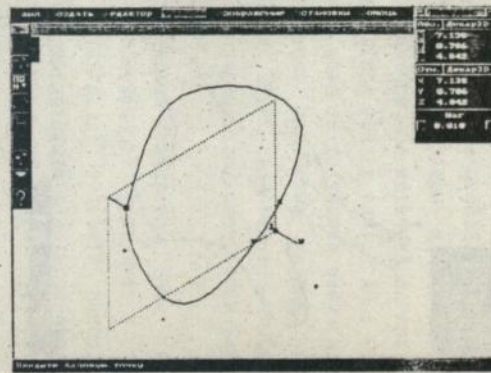
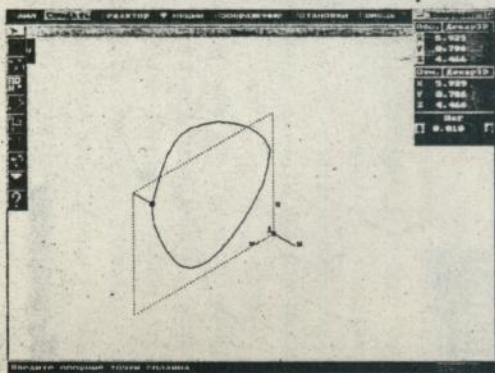
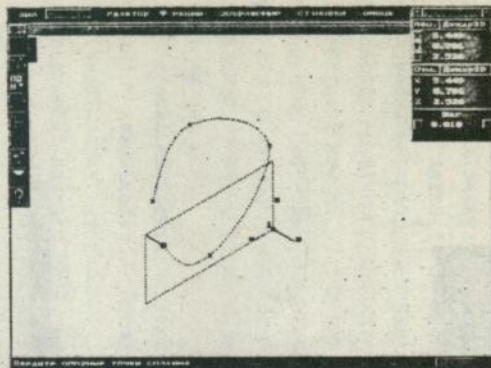
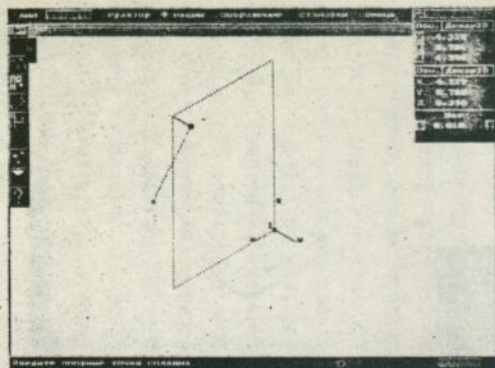


Рис. 4

користання комбінацій елементарних операцій слугує відтворенню проектних процедур формування запропонованих перерізів, які реалізуються у межах технології графічного просторового трасування. Зміст кожної проектної процедури визначає унікальний набір проектних операцій.

На комп'ютерному зображенні простору сцени, що моделюється, визначається положення площини перерізу комунікації, який необхідно утворити. Цю площину визначає одна з площин КПС або ж паралельна до неї. Достатній набір запропонованих проектних процедур задання перерізів та певні можливості графічного керування їхньою формою і положенням (рис.1-4) дозволяють розміщувати перерізи (а тоді трасувати поверхню комунікації) усередині ділянок з діючими обмеженнями.

Застосування кожного типу перерізу обумовлюється конструктивними вимогами до ПКЗП та обмеженнями при розміщенні комунікацій. Залежно від отриманої ділянки обмежень здійснюється вибір типу застосованого перерізу та відповідний екземпляр реалізації проектної процедури.

Формування поверхні трасованої комунікації зі змінними перерізами є основним результатом проектування. Процедура формування поверхні комунікації ґрунтується на проектних процедурах формування перерізів.

Геометричні алгоритми та модель зумовлюють поняття ділянки комунікації. Ділянка поверхні комунікації, що проектується, визначається (обмежується) двома перерізами, розміщеними у просторі сцени, яка моделюється (рис.5). Трасування комунікації зводиться до послідовного утворення даних ділянок, що складають ПКЗП, у просторі сцени, яка моделюється (рис.6,7).

Підсистема графічного моделювання має широкі процедурні можливості та функції редагування проектних рішень. Для втілення редагування поверхні комунікації пропонуються екземпляри процедур, що ґрунтуються на обчислювальних алгоритмах перетворення форм описання відсіку поверхні. Коректування траєкторії комунікації реалізовано за допомогою зміни просторового положення перерізу ділянки ПКЗП.

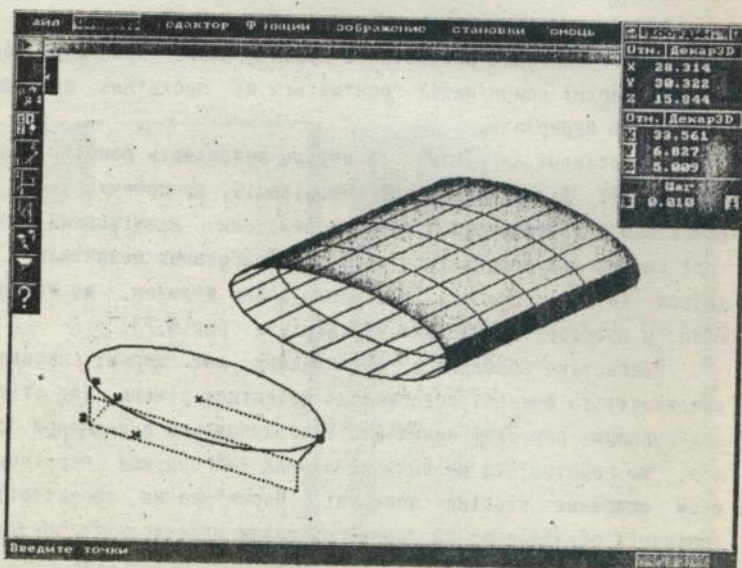
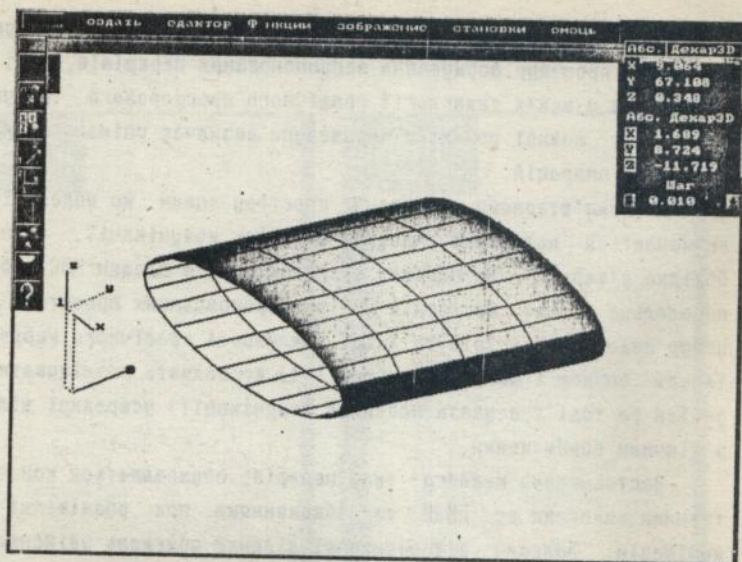
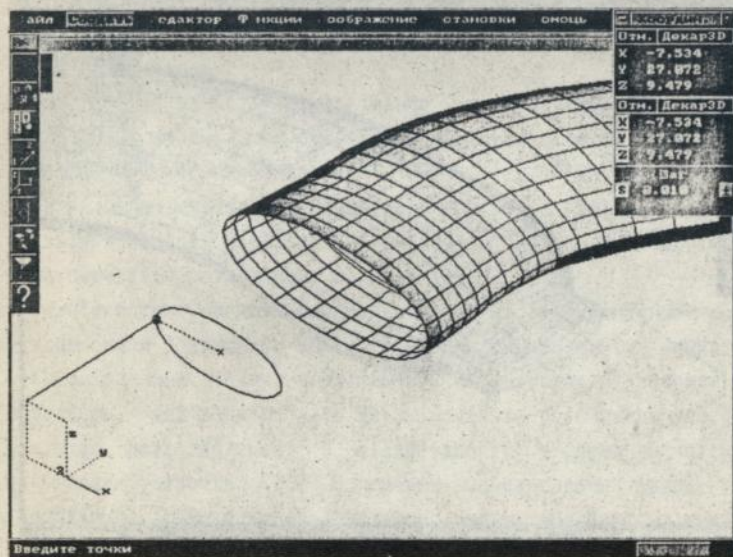
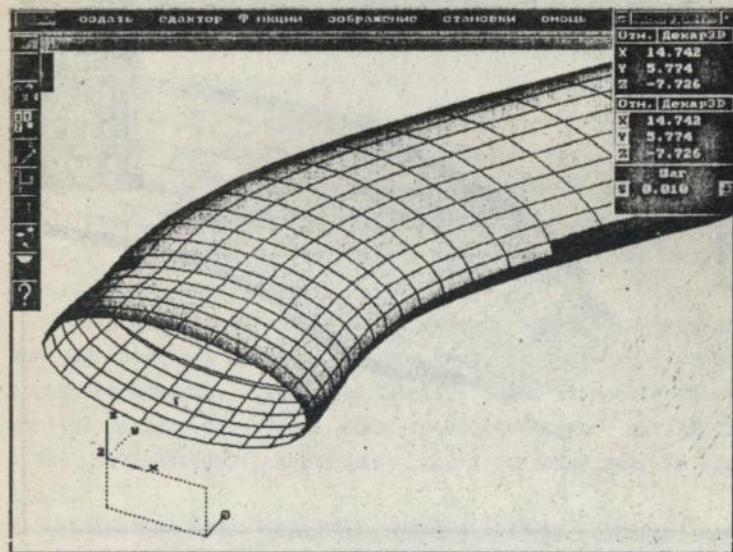


Рис.5



Відмінною рисою запропонованої технології є забезпечення графічного інтерфейсу користувача САПР безпосередньо на наочних комп'ютерних зображеннях простору сцени, що моделюється.

У відповідності з блочно-ієрархічним підходом до процесу проектування виявляються наступні рівні: стадія проектування, етап проектування, проектне рішення, проектна процедура, проект-на операція. Наведені категорії складають основу для опису технології трасування на базі підсистеми інтерактивного графічного просторового проектування.

Етап містить частину процесу проектування, яка включає виконання проектних процедур та проектних операцій, що відносяться до одного аспекту. Отже, сукупність етапів, їх послідовність та логічні зв'язки визначають маршрути проектування, методи та засоби, запропоновані користувачу для досягнення мети на кожному етапі.

В третій главі описується призначення та структура підсистеми графічного моделювання TRACUS.

Підсистема дає змогу розв'язувати такі задачі на основі підходів ІГПП:

- створення поверхонь спеціальних трубопроводів, кабелів та каналових поверхонь;
- трасування об'єктів даного класу, що проектується в заданих об'ємах, з врахуванням обмежень функціонального та конструктивно-технологічного характеру;
- визначення метричних параметрів об'єктів, які проектується, та змодельованої композиції (визначення довжини комунікації, площ перерізів, відстаней, нахилів тощо).

Підсистема організована як відкрита, з закладеними до неї можливостями розширення та нарощування доповнюючих функцій і спеціалізованих задач. Архітектура ПЗ дозволяє підключити нові процесори, які забезпечують деталізацію та розширення класу задач, що розв'язуються. У відповідності з загальносистемними принципами розробки САПР програмне забезпечення являє собою ієрархічно структуровану систему, яка складається з керуючої програми, ряду проектних та службових процесорів, обчислювальних

і забезпечуваних блоків модулів (рис.8).

Основним процесором, який реалізує інтерактивне графічне просторове проектування ПКЗП, є процесор трасування. Процесор трасування являє собою сукупність програмних модулів, які відповідають за виконання певних задач та процедур трасування і формування поверхні комунікації. В структурі процесору виділяються чотири блоки модулів.

Перший блок складається з п'яти модулів та визначає власне процес проектування і створення поверхні комунікації.

Другий блок складають модулі, які забезпечують обчислювальні операції в автоматичному режимі.

Третій блок модулів об'єднує підзадачі редагування проектної композиції.

До четвертого блоку модулів відносяться підзадачі документування.

Кожен модуль використовує в меню термінологію, близьку користувачу, має деякі навчальні властивості та використовує систему підказок, що забезпечує дружній користувацький інтерфейс.

В кінці дисертації містяться висновки по виконаних в роботі дослідженнях, а також основні напрямки подальшого розвитку поставлених задач.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

В процесі розробки та втілення технології графічного просторового трасування поверхні комунікації зі змінними перерізами та створення автоматизованої підсистеми графічного проектування були отримані результати, відповідні до завдань, що поставлені в дисертаційній роботі:

1. Базуючись на аналізі існуючих методів проектування комунікацій, їхнього розміщення та компоновання, була обґрунтована актуальність створення технології інтерактивного графічного просторового трасування ПКЗП;

2. Для втілення графічного просторового трасування була сформульована адаптивна модель ПКЗП та, відповідно до її визна-

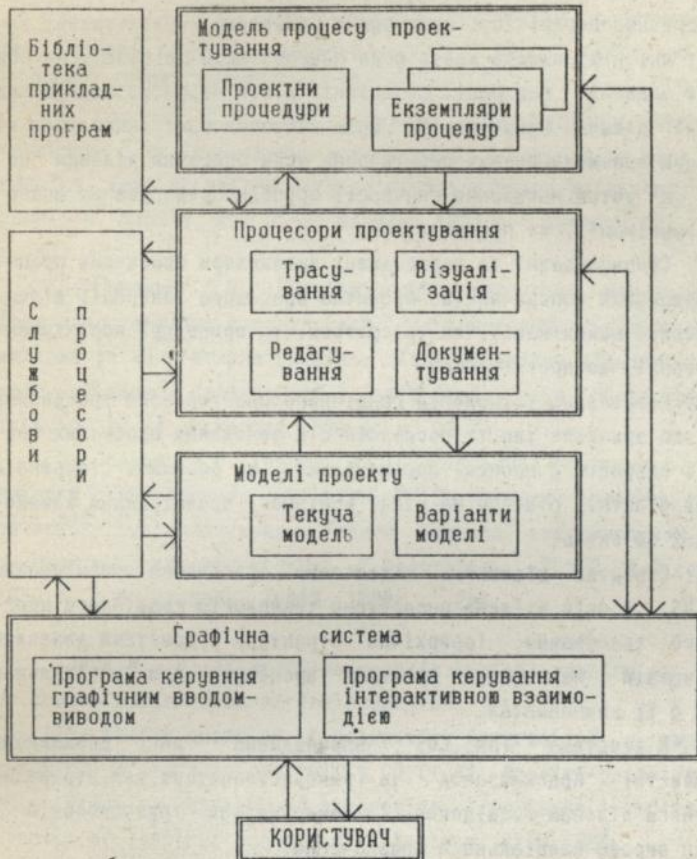


Рис.8

чення, розроблені геометричні алгоритми: утворення та керування формою і положенням поперечних перерізів; формування і розміщення поперечних перерізів, урахування обмеження змодельованої ситуації, які підтримують набір форм поперечників та різні способи їхнього задання; генерації поздовжніх ліній каркасу; формування поверхні ділянки комунікації. Були запропоновані обчислювальні процедури взаємозворотних перетворень форм описання ділянки поверхні з метою посилення гнучкості процедур редагування поверхонь комунікацій, що проектується.

3. Сформульовані та впроваджені екземпляри проектних процедур формування поперечників, проектна процедура генерації ділянки поверхні комунікації, що трасується, та процедури коректування поверхні, що проектується.

4. Розроблена технологія графічного просторового трасування ПКЗП, яка зумовлює тип та послідовність виконання проектних процедур і операцій у процесі проектування, що дозволяє створювати багатоваріантні рішення на етапі ескізного проектування машинобудівних об'єктів.

5. Створена діалогова підсистема графічного проектування TRASCUS, в якій втілено розроблену технологію графічного просторового трасування. Ієрархічна структура підсистеми дозволяє модифікувати і нарощувати проектні процедури при мінімальних змінах у її компонентах.

6. Підсистема TRASCUS впроваджена на державному підприємстві "Красмашзавод" та використовується для отримання проектного рішення розміщення і компонування трубопроводів у відсіку виробу спеціального призначення.

Подальший розвиток досліджень може йти у напрямку розширення засобів формування ПКЗП та її комплексного проектування відповідно до конкретних практичних завдань за допомогою технології інтерактивного графічного просторового проектування.

Основні дисертаційні результати були опубліковані у наступних працях:

1. Некрасова А.В., Сорокін Д.В. Деякі галузі застосування інтерактивного графічного просторового проектування /ІГПП/.

// Прикл. геометрія і інж. графіка. -1994, Вип. N56, с. 106-108.

2. Сорокин Д.В. Аналитическое обеспечение проектной процедуры задания сечения в форме эллипса. // Прикл. геометрия и инж. графика. -1994, Вип. N57, с. 162-164.

3. Сорокин Д.В. Трассирование коммуникаций с переменными сечениями. // Геометричне моделювання. Інженерна та комп'ютерна графіка. Тези доповідей Всеукраїнської науково-методичної конференції м. Харків, ХПІ 21-23 вересня 1993 р.: Харків, ХПІ, 1993: - с. 63.

4. Сорокин Д.В. Преобразование некоторых полиномиальных форм представления поверхностей. // Геометричне моделювання. Інженерна та комп'ютерна графіка. Тези доповідей Міжнародної науково-методичної конференції м. Львів Держ. Унів. "Львівська Політехніка" 22-24 листопада 1994-р. с. 22-23.

5. Сорокин Д.В. Технология трассирования поверхности коммуникации с переменными сечениями. // Современные проблемы геометрического моделирования. Тезисы доклада международной научно-практической конференции г. Мелитополь, ТГАТА 4-7 сентября 1995 г. : Мелитополь, ТГАТА, 1995, с. 248.

SOROKIN D.V. Interactive graphic spatial routing of surface communication with variable section.

The thesis competes to scientific degree of a candidate technical science in speciality 05.01.01. Applied geometry, computer graphics, design and ergonomics. Kiev State technical university of construction and architecture. Kiev 1995.

The subsystem of geometric design was developed for implementation of technology of graphic spatial routing. Geometric algorithms, geometric model of surface communication with variable section and project procedures are proposed in the study, oriented to technology of graphic spatial designing.

Technology of graphic spatial designing and subsystem of graphical design represent results of scientific research.

СОРОКИН Д.В. Интерактивное графическое пространственное

трассирование поверхности коммуникации с переменными сечениями.

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 1995г.

В диссертационной работе разработана технология графического пространственного трассирования поверхности коммуникации с переменными сечениями.

Для реализации предложенной технологии были разработаны геометрические алгоритмы и модель поверхности коммуникации с переменными сечениями на базе которых сформулированы проектные процедуры, ориентированные на технологию интерактивного графического пространственного проектирования (ИГПП).

Результатом работы является подсистема графического моделирования и технология трассирования поверхности коммуникации с переменными сечениями на наглядных компьютерных изображениях пространства моделируемой сцены.

Підп. до друку 29.09.95 Формат 60×84^{1/16}
Папір друк. № 3 . Спосіб друку офсетний. Умовн. друк. арк. 4,16.
Умовн. фарбо-відб. 1,28 . Обл.-вид. арк. 1,0
Тираж 100 . Зам. № 5-1120.

Фірма «ВІПОЛ»
252151, Київ, вул. Волинська, 60.

С. 100

AB 33.096