

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

На правах рукопису

УДК 515.2

ВАНІН Володимир Володимирович

ЕВОЛВЕНТНО-ЕВОЛЮТНІ МОДЕЛІ В УПОРЯДКОВАНИХ ПОТОКАХ

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

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

Київ - 1996

До захисту подається рукопис

Роботу виконано в Національному технічному університеті
України "Київський політехнічний інститут"

Науковий консультант: академік Академії наук вищої школи
України, заслужений працівник вищої
школи України, доктор технічних наук,
професор Павлов А.В.

Офіційні опоненти:

академік Академії інженерних наук,
доктор технічних наук, професор Найдис В.М.
доктор технічних наук, професор Куценко Л.М.
доктор технічних наук, професор Пахаренко В.О.

Провідна установа: АП 9240 НІАТ м.Київ

Захист відбудеться "18" квітня 1996 р. о 13 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, 31, аудиторія 319.

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

Автореферат розіслано "15" березня 1996 р.

Вчений секретар
спеціалізованої ради Д 01.18.06
кандидат технічних наук, доцент

Плюский В.О.

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00740378 (Т)

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність. Наше пізнання про процеси, які відбуваються в природі та техніці, переконує нас в тім, що параметри їх протікання тяжіють до законів оптимізації за різними критеріями, серед яких енергетичний є важливішим.

При вивченні цих процесів використовуються різноманітні методи їхнього моделювання, серед яких для інженерної практики метод геометричного моделювання є переважним, тому що дозволяє з певними припущеннями врахувати взаємодію серед значної кількості параметрів.

При геометричному моделюванні фізичних та технологічних процесів вивчається можливість утворення упорядкованих структур, їх розшарування, дослідження елементів цих структур, ліній та поверхонь, які утворюються цими елементами.

Потреба в розробці моделей таких процесів історично спричинювала більш глибоке проникнення в їх сутність, розвиток методів їх геометричного уявлення, отже і розвиток геометричної теорії.

Християн Г'югенс /1629-1695/ при моделюванні руху ізохронного маятника дійшов теорії еволут та евольвент плоских кривих, яка започаткувала один з розділів диференціальної геометрії.

Г.Монж збудував модель технологічної задачі визначення найвигідніших траєкторій для переносу частинок землі з виїмки на насип. Вивчення цієї моделі дало можливість створити Г.Монжем вчення про еволути та евольвенти поверхонь, дослідження найзагальнішого виду конгруенції прямих у евклідовому просторі, дослідження нормальної конгруенції.

Теоретична модель Г.Монжа привела до фундаментального відкриття в галузі диференціальної геометрії взагалі та диференціальної геометрії конгруенції зокрема. Проте, ця геометрична модель не отримала дальшого розвитку для цілей поставленої Г.Монжем задачі моделювання процесу реології середовища.

Г.Монж показав, що в цих процесах поверхні, що обводять елементарні струми потоку, в окремих випадках можна

моделювати еволютними поверхнями. Поверхні еволот виникають як поверхні поділу у відображених потоках. Відображуючою /евольвентною/ поверхнею служить або інша поверхня, або певна система сил, що виконує цю функцію.

Відомо, що на еволютній поверхні, в загальному випадку, можна виділити родину геодезичних /просторових гвинтових/ ліній, які є відображенням відповідної родини ліній евольвентної поверхні.

Кожній лінії кривини - евольвенті у заданому напрямку евольвентно-еволютної відповідності відповідає просторова гвинтова лінія - еволюта.

Еволютні процеси виникають в загальному випадку при гвинтоподібних потоках і несуть на собі каркас гвинтових ліній.

Гвинтоподібні потоки, в зв'язку з їх численними застосуваннями, являють собою важливий розділ сучасної гідротаверодинаміки.

Такі процеси ми можемо спостерігати в природних умовах, в задачах молекулярної генетики, ядерної фізики, хімічних перетвореннях, кристалографії, технологічних процесах.

Таким чином, розробка узагальненої інженерної методики дослідження структури таких потоків з використанням синтетичних методів є важливою проблемою прикладної геометрії. Ця проблема може реалізуватися за допомогою геометричних моделей евольвентно-еволютної взаємодії, які зв'язують значну кількість параметрів.

Формування енергетично-оптимальної загальної спрямованості потоку відбувається за рахунок прямування до оптимальності траєкторій рухомих часток, сумарний рух яких на поверхнях поділу, що утворюється у процесі реології, формує гвинтові лінії. Відбувається геометричне відображення енергетичної оптимізації процесу.

Вивчення геометрії цих явищ, вияв спільності геометричних структур таких моделей в природі і техніці може відкрити нові можливості в їх дослідженні та застосуванні на практиці.

Питання інтенсифікації і удосконалення технологічних процесів, комп'ютерної візуалізації їх елементів обумов -

люють актуальність поставленої ще Г.Монжем проблеми, геометричного моделювання процесів реології.

За умов збереження загальної ідеї Г.Монжа формування моделей технологічних процесів вимагатиме обліку впливу різноманітних факторів, що, у свою чергу, приведе до необхідності зміни припущень, введених Г.Монжем при моделюванні евольвентно-еволютного процесу реології.

Розв'язання таких задач вимагає доповнення і розвинуення розділу евольвентно-еволютних перетворень в теорії поверхонь та диференціальної геометрії, а також створення на цій базі теоретичних основ апарату прикладної геометрії для побудови узагальнених моделей, придатних для розв'язання численних технічних задач.

Актуальність тематики цієї дисертаційної роботи визначається необхідністю моделювання технологічних процесів, заснованих на реології робочого середовища з метою їх аналізу, вивчення і інтенсифікації, комп'ютерної візуалізації елементів процесу, створення методики керування процесами реології за допомогою геометричних параметрів робочих агрегатів, розробки теоретичних основ побудови моделей евольвентно-еволютної природи.

Метою роботи є розробка системи моделей евольвентно-еволютної природи для дослідження, конструювання і корекції поверхонь, що формують упорядковані потоки.

Основні завдання дослідження:

1. Виконати порівняльний аналіз геометричної структури евольвентно-еволютних процесів в природі і техніці.
2. Установити геометричні інваріантні властивості евольвентно-еволютної природи, що являють собою геометричне відображення енергетичної оптимізації процесів.
3. Розробити теоретичні обґрунтування евольвентно-еволютної взаємодії як основи геометричного моделювання процесів реології.
4. Установити закономірності перетворення евольвентно-еволютних процесів під впливом технологічних факторів.
5. Розробити теоретичні основи геометричного моделювання поверхонь поділу в технологічних процесах.
6. Дослідити геометричні закономірності формування траск-

торій руху поверхневого витікання потоку.

7. Запропонувати методику геометричних розрахунків армованих покриттів робочих поверхонь, що взаємодіють з потоком.

8. Основні наукові результати та алгоритмічне забезпечення конструювання поверхонь передати зацікавленим організаціям для використання в конструкторській практиці по створенню нового устаткування та модернізації діючого.

Методи дослідження. Розв'язання поставлених у роботі завдань виконувалось на базі методів диференціальної, аналітичної, нарисної, проєктивної, обчислювальної геометрії, теорії кривих ліній і поверхонь, моделювання геометричних перетворень, методів комп'ютерного моделювання, методів дослідження і моделювання процесів реології в гідро- та аеродинаміці.

При розробці системи моделей поверхонь розподілу були використані ідеї Г.Монжа.

Теоретичною та інформаційною базою проведення досліджень стали роботи вчених:

- з теорії кривих ліній і поверхонь: Г.С.Іванова, С.М.Ковальова, І.І.Котова, В.Є.Михайленко, Д.Д.Мордухай-Болтовського, В.О.Надолинного, В.М.Найдиша; В.С.Обухової, В.А.Осипова, А.В.Павлова, О.Л.Підгорного, А.М.Підкоритова, М.М.Рижова, Н.І.Сідлецької, І.А.Скидана, А.М.Тевліна, П.В.Філіпова, С.А.Фролова, П.Л.Чебишова, М.Ф.Четверухіна, В.П.Шепеля, В.І.Якуніна, Г.Дарбу, М.Серванта, А.Фосса та ін.;

- з теорії геометричного моделювання інженерних об'єктів та процесів: Г.С.Іванова, О.П.Калиновської, С.М.Ковальова, В.І.Корабельського, Л.М.Куценко, В.Є.Михайленко, В.С.Обухової, А.В.Павлова, О.Л.Підгорного, А.М.Підкоритова, Н.І.Сідлецької, І.А.Скидана, А.М.Тевліна, П.В.Філіпова та ін.;

- з методів комп'ютерного моделювання та обчислювальної геометрії: Д.І.Бадаєва, С.М.Грибова, Л.М.Куценко, В.М.Найдиша, Д.Б.Рабинського, К.О.Сазонова, В.П.Шепеля та ін.;

- в галузі дослідження та моделювання процесів реології: Р.Б.Ахмедова, М.А.Гольдштیکا, О.П.Калиновської, Ю.Д.Лукача, В.О.Пахаренко, В.О.Сіліна, А.А.Халатова, О.М.Яхно, А.Гунти, Л.Прандтля та ін.

Наукова новизна роботи:

1. Розроблена система геометричних моделей евольвентно-еволютної природи для цілей дослідження, конструювання і корекції поверхонь, що формують упорядковані потоки.
2. Встановлені геометричні інваріантні властивості евольвентно-еволютної взаємодії, що відображають енергетичну оптимізацію процесу, на основі аналізу геометричної структури евольвентно-еволютних процесів в природі і техніці.
3. Розроблені теоретичні обґрунтування евольвентно-еволютної взаємодії як основи геометричного моделювання різноманітних форм упорядкованих процесів.
4. Досліджені геометричні закономірності і розроблені алгоритми формування траєкторій руху поверхневого витікання. Запропонована модель формування поодинокого випадку суміжного шару потоку чебишовською сіткою.
5. Розроблені теоретичні обґрунтування евольвентно-еволютоїдної взаємодії як основи геометричного моделювання поверхонь поділу в технологічних процесах.
6. Розроблені теоретичні обґрунтування і алгоритми геометричних розрахунків технологічних процесів виготовлення армованих оболонок.

Практичне значення роботи:

1. Створена методика формування системи геометричних моделей евольвентно-еволютної природи для цілей конструювання і корекції поверхонь, що формують упорядковані потоки.
2. Запропонована методика формування траєкторій руху поверхневого витікання потоку.

Запропонована в роботі система методик може бути використана для створення нових інженерних розробок в технологічній практиці.

Реалізація роботи:

1. Розроблені на основі досліджень цієї дисертації алгоритми і методичні рекомендації по дослідженню, конструюванню і корекції робочих поверхонь агрегатів, що формують реологію робочого середовища, прийняті для використання у практиці конструювання і модернізації спеціального обладнання підприємствами: а/т "Більшовик", об'єднанням "Водоканал", заводом "Трансигнал", АП 9240 НІАТ м.Київ.

Застосування виконаних досліджень у конструкторській і технологічній практиці було реалізовано в АП 9240 НІАТ м.Київ при розв'язанні задач:

1. Створення двох модулів в складі САПР-ПЛАНЕР;

- аналізу і корекції функції зміни кривини сітьових поверхонь, що забезпечує умови раціональної обробки поверхонь;

- визначення характеристик веродинамічних властивостей поверхонь.

2. Проектування технологічного процесу виробництва обшивок поверхонь виробів з армованих матеріалів на основі розробленої моделі одягання поверхонь.

На захист вносяться положення, що складають наукову новизну роботи.

Апробація роботи. Основні положення роботи доповідалися у відділі технології переробки пластмас інституту УкрНДІпластмаш /1992 р./, на кафедрі переробки пластмас і ластомірів Державної академії легкої промисловості України /1993 р./, на міжнародній науково-методичній конференції "Геометричне моделювання. Інженерна та комп'ютерна графіка" /м.Львів, 1994 р./, на міжнародній конференції, присвяченій 200-річчю створення Г.Монжем нарисної геометрії як учбової дисципліни та як науки /м.Київ, травень 1995 р./, на міжнародній науково-практичній конференції "Сучасні проблеми геометричного моделювання" /м.Мелітополь, вересень 1995 р./, на міжвузівському семінарі наукового напрямку "Прикладна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка" загальнотехнічного відділення Академії наук вищої школи України /жовтень 1995р./, на наукових семінарах кафедри нарисної геометрії, інженерної і комп'ютерної графіки Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут" /лютий 1996 р./ та кафедри нарисної геометрії, інженерної і машинної графіки Київського державного технічного університету будівництва і архітектури /лютий 1996 р./.

Публікації. Результати досліджень викладені в 37 роботах і монографії.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається з вступу, п'яти глав, загальних висновків, списку літератури, додатків, містить 252 сторінки друкованого тексту, 255 найменувань бібліографії на 28 сторінках, 136 рисунків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Перша глава являє собою комплексний огляд дослідження широкого кола впорядкованих процесів гвинтоподібних потоків у природі і техніці, як основи розробки апарата геометричного моделювання їх структури.

В результаті дослідження були встановлені основні види структур гвинтоподібних потоків, що формуються під впливом різноманітних природних і технологічних факторів. З позицій геометричного моделювання вони можуть бути представлені у вигляді відбитих потоків: ортогональних до поверхні відображення, неортогональних та потоків поверхневого витікання. При цьому передбачається, що формування потоку відбувається або під дією поверхні - екрану, або під дією системи сил.

Ці різновиди потоків можуть бути реалізовані численними моделями самого процесу, основні види яких представлені класифікацією узагальнених геометричних моделей. Розглянуто приклади основних видів цих моделей.

I.I. Дослідження евольвентно-еволютної моделі Г.Монжа. Виконано розгорнутий опис моделі і пов'язаних з нею теоретичних досліджень, що дозволило з позиції сучасної геометрії запропонувати принципи розшарування потоку евольвентно-еволютної природи.

Кожну лінію кривини родини ліній кривини евольвентної поверхні можна розглядати як базу R^1 розшарування потоку, нормалі до поверхні - як шари S^1 . Тоді простір $R^1 \times S^1$, що утворюється базою і шарами, є поверхнею. Зв'язність цього простору визначається теоремою Г.Монжа про розгортваність поверхні, що утворюються нормаллями до поверхні вздовж її лінії кривини.

Сукупність таких поверхонь, що визначається однією родинною ліній кривини, заповнює весь евклідовий простір R^3 , моделюючи безперервність відображеного потоку. Базою такого розшарування простору є евольвентна поверхня R^2 , носій родини ліній кривини, шарами - нормалі до цієї поверхні S^1 . Зв'язність цього простору $R^2 \times S^1$ характеризується утворенням зазначених поверхонь, що розгортаються, і утворенням еволютної поверхні як фокальної поверхні конгруенції нормалей

евольвентної поверхні.

1.2. Модель утворення поверхні вихрового потоку.

Досліджені різноманітні випадки утворення вихрових потоків. Показано, що вихрова нитка моделюється гвинтовою лінією поверхні еволют, що виникає як поверхня поділу відбитого потоку.

Встановлена взаємодія геометрії поверхні поділу і параметрів потоку, що визначаються рівнянням Бернуллі, та залежність технологічних параметрів потоку від геометричних параметрів вихрових ниток, що визначаються теоремами Гельмгольца.

На основі установлених загальних геометричних властивостей вихрових потоків запропоновані моделі технічних описів класичних гідравлічних і технологічних процесів. Показана спільність природи гвинтоподібних гідравлічних, аеродинамічних, плазмових потоків та потоків іонізованих газів.

Встановлено, що геометрична модель поверхні поділу циклону є трубчастю поверхнею перемінного радіуса, що визначається сукупністю траєкторій обертання точок вихрової лінії. В цьому випадку, вторинні потоки можуть бути представлені евольвентними кінематичними поверхнями, каркас яких утворюється сукупністю евольвент кола каркасу вихрової поверхні поділу.

Запропонована гіпотеза про формування поверхні стикування двох стійких зустрічних потоків з різноманітними постійними Бернуллі у вигляді відсіку поверхні гіперболічного параболоїду. Показано, що поверхня поділу потоку, відбитого від цього відсіку, визначається рівняннями:

$$\bar{X}_{1,2} = u \cos \nu \mp \frac{(u^2 + u \operatorname{tg} \nu \sqrt{K^2 + u^2 \cos^2 \nu} + \frac{K^2}{\cos^2 \nu}) \sin \nu}{\sqrt{K^2 + u^2 \cos^2 \nu}},$$

$$\bar{Y}_{1,2} = u \sin \nu \pm \frac{(u^2 + u \operatorname{tg} \nu \sqrt{K^2 + u^2 \cos^2 \nu} + \frac{K^2}{\cos^2 \nu}) \cos \nu}{\sqrt{K^2 + u^2 \cos^2 \nu}},$$

$$\bar{Z}_{1,2} = K \operatorname{tg} \nu \mp \frac{(u^2 + u \operatorname{tg} \nu \sqrt{K^2 + u^2 \cos^2 \nu} + \frac{K^2}{\cos^2 \nu}) u \cos^2 \nu}{K \sqrt{K^2 + u^2 \cos^2 \nu}}.$$

Ці вирази можуть бути корисні при розробці методики розрахунку реології робочого середовища у циклонних та вихрових апаратах.

Ця ж модель, що віднесена до зустрічних потоків повітряних мас, дає вигогідну картину створення "зародку" вихрового процесу.

1.3. Формування поверхонь розподілу під час руху живих істот у воді та у повітрі.

Аналіз динаміки руху свідчить, що живі істоти, рухаючись у воді та у повітрі, досягають високої ефективності використання своїх енергетичних ресурсів, змінюючи відносні параметри взаємодії руху з середовищем. Перемінна геометрія взаємодії досягається як за рахунок зміни параметрів форми рушія, так і параметрів положення. Так, наприклад, аналіз механіки польоту птахів свідчить, що крила птахів, змінюючи своє положення відносно зустрічних потоків повітря, в процесі польоту також суттєво міняють геометрію своєї поверхні, формуючи тим самим два вихрові потоки перемінних параметрів, які забезпечують переміщення та сталість польоту. Наведений аналіз може бути корисним при розробці нових технічних рішень.

1.4. Геометричне моделювання нуклеїатидних структур. Запропонована геометрична модель формування гвинтової тетраедральної нуклеїатидної структури на базі фундаментальних галузей та угруповань рухів Є.С.Федорова, що дозволило встановити геометричну модель системи перекодування інформації в нуклеїатидній структурі. Комп'ютерним дослідженням моделі встановлена геометрична природа процесу стабілізації поверхні поділу нуклеїатидної структури, що свідчить про енергетичну оптимізацію процесу її формування. Висловлено гіпотезу про аналогічність моделі формування гвинтових молекулярних комплексів більш складних структур.

В другій главі розроблено основи теорії моделювання потоків евольвентно-еволютної природи. Суттєві положення цієї теорії базуються як на класифікації узагальнених геометричних моделей, описаних у першій главі, так і на класифікації поверхонь поділу, розроблених у главі II.

2.1. Класифікація поверхонь поділу. За якісний класифікаційний показник візьмемо функцію зміни напрямку руху частки

середовища під впливом рушія відносно обраного репера.

Класифікація складається з таких груп поверхонь поділу:

1. Еволютні як фокальні поверхні нормальної конгруенції поверхні рушія.

2. Еволютоїдні як обвідні сукупності напрямку руху, що не співпадають з нормаллями до базової поверхні.

Підгрупа еволютоїдних вміщує:

1. Квазіеволютні як обвідні напрямків, що належать нормальним площинам ліній однієї із родин ліній кривини базової поверхні. Напрямок для кожної лінії кривини обраної родини зберігає постійний кут з нормаллю до поверхні.

2. Власне еволютоїдні як фокальні поверхні конгруенції напрямків, що зберігають постійними кути нахилу до обраного репера для всієї базової поверхні.

3. Квазіеволутоїдні як оточуючі напрямки, що змінюють кути нахилу відносно репера за умов переходу від однієї лінії кривини базової поверхні до іншої.

На основі розглянутої класифікації пропонуються моделі взаємодії рушія та середовища з урахуванням різних факторів, що впливають на напрямок руху.

2.2. Евольвентно-еволютна модель служить ключовою для побудови інших. Водночас, вона відіграє і самостійну роль при моделюванні поверхні поділу технологічного потоку, створеного елементарними струменями, нормальними до поверхні руху. На рис.1 подано комп'ютерне зображення проєкцій миттєвих поверхонь поділу рідини, які породжені поверхнею гелікоїдального шнеку.

2.3. На основі властивостей поверхні еволют і полярної поверхні кривої пропонується кінематичний спосіб отримання евольвентних та квазіевольвентних поверхонь поділу за заданою родиною ліній кривини еволютної поверхні. Еволютна поверхня поділу визначається родиною еволют ліній кривини однієї з родин ліній кривини евольвентної поверхні в напрямку нормалей до поверхні: $\Gamma(\lambda_c, \lambda_a, \lambda_e, \dots)$. Тут і далі розглянуто лише одну полу поверхні поділу. Родина еволют, що визначаються на полярних поверхнях ліній кривини її нормаллями, що утворюють певний постійний для цієї лінії кривини кут з нормаллями до евольвентної поверхні, задає квазіеволютну поверхню: $\Gamma(\lambda'_c, \lambda'_a, \lambda'_e, \dots)$ /рис.2/.

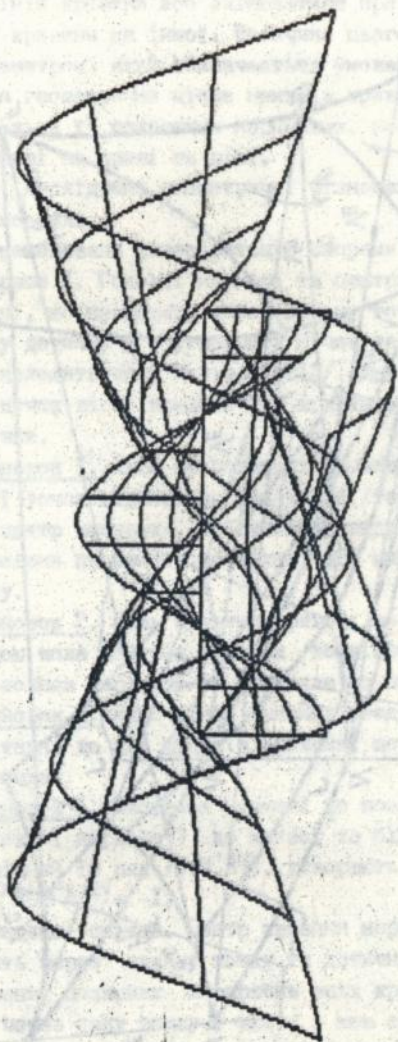


Рис. 1

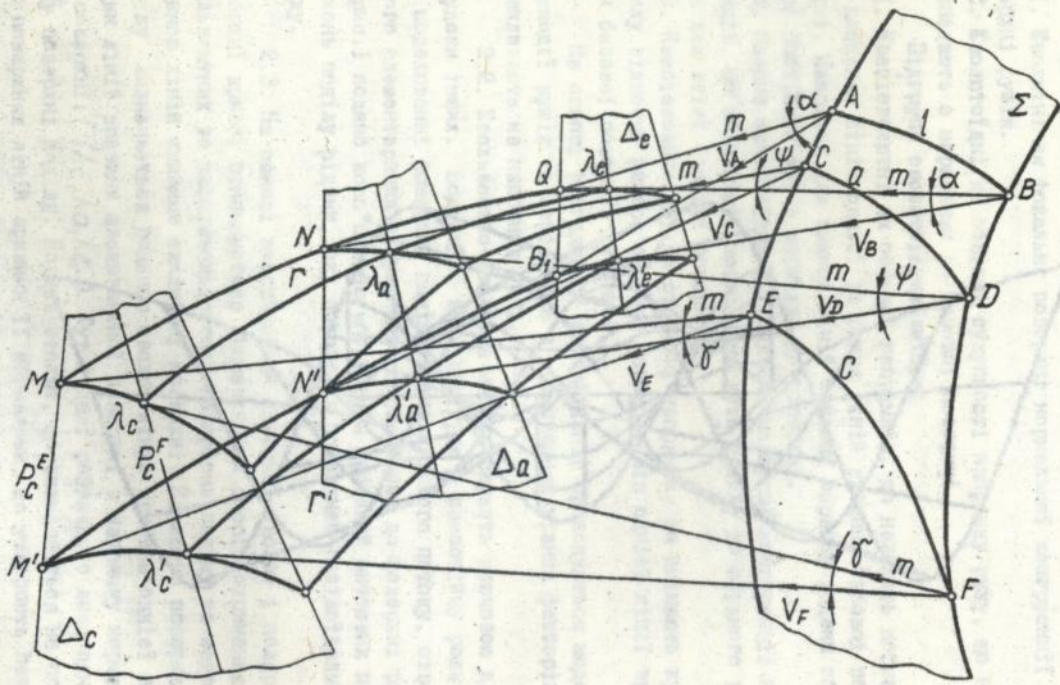


Рис.2

Кут між нормаллю до поверхні та заданим еволютним напрямком руху елементарного струменя може лишитися постійним для усіх ліній кривини або змінюватися при переході від однієї лінії кривини до іншої. Величина цього кута є технологічним параметром, який визначається умовами процесу. Встановлено, що геометричне місце центрів кривини ліній кривини, що визначається її головними нормальми, розділяють гвинтові еволютні криві на праві та ліві.

2.4. Досліджені геометричні різноманітності в запропонованих моделях.

Запропонована інтерпретація теореми Меньє:

Теорема I. Головні нормалі та центри кривини всіх кривих поверхні, що проходять через задану точку S та мають в ній спільну дотичну t , утворюють пучок та ряд другого порядку, що належить колу Меньє /рис.3/. Другим пучком другого порядку є пучок вісей кривини цих кривих, відповідних центру першого пучка.

Висновок I. Якщо на поверхні Σ задано криву A , то кожній з її точок відповідає ряд точок /точок еволют кривої та її центр кривини/, проєктивний ряду другого порядку центрів кривини перетинів поверхні, які мають спільну з кривою дотичну.

Висновок 2. Вісь кривини кривої; що належить поверхні, є хордою кола центрів кривини /кола Меньє/, яка визначається головною нормаллю та нормаллю до поверхні.

Висновок 3. Якщо лінія кривини геодезична, то вісі кривини дотичні до кіл центрів кривини, що побудовані у відповідних точках.

Висновок 4. Напрямок нормалі до поверхні $M=M'$, напрямком головної нормалі N до кривої та бінормаль B , а також відповідний їм ряд $MM'NB$, утворюють гармонійну четвірку, тобто $(MM'NB) = -1$.

Доведена теорема. Центр кривини нормального перетину, що проходить через задану точку та дотичну, є центром зв'язки створюваних полярних поверхонь всіх кривих поверхні, що проходять через дану точку і мають з нею спільну дотичну. При цьому еволюта в напрямку нормалі до поверхні служить віссю пучка полярних поверхонь.

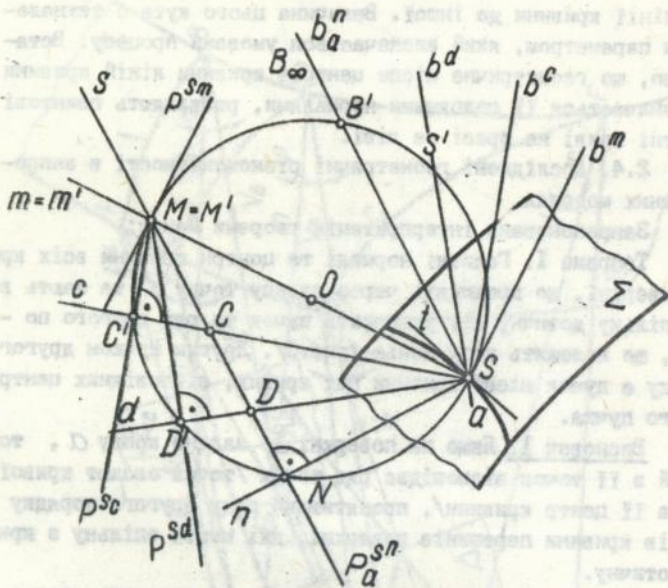


Рис.3

2.5. Запропонована характеристична поверхня, що дозволяє визначити:

а/ точки еволютних та квазіеволютних поверхонь, що відповідають заданим напрямкам нормалей лінії кривини еволютної поверхні;

б/ кривини похилених перетинів поверхні, що проходять через дотичні до лінії кривини.

Кола Менье /рис.3/, побудовані вздовж лінії кривини утворюють однопараметричну родину, що є інтегральною характеристикою кривини всіх перетинів поверхні Σ , що проходять через дотичні до кривої Q . В кожному колі може бути побудований трикутник, який визначається нормаллю до поверхні та головною нормаллю до кривої. Однопараметрична родина таких

трикутників утворює характеристичну поверхню евольвентно-еволютно-квазіеволютних відповідностей. Це багатогранна поверхня, торсова поверхня нормалей до поверхні Σ вздовж лінії кривини α та навкісна лінійчаста поверхня головних нормалей n до кривої α .

Кут φ між характеристиками поверхні нормалей m до поверхні Σ вздовж її лінії кривини та поверхні головних нормалей n лінії кривини α визначається сумою:
$$\varphi = \varphi_{const} + \int \chi ds$$
, де $\int \chi ds$ - скрут кривої α на відмітку, що розглядаємо. Цей кут визначає відношення між радіусами кривини кривої та поверхні: $\rho = R_1 \cos \varphi$.

2.6. З метою вияву властивостей евольвентно-еволютної відповідності досліджена розгортка полярної поверхні лінії кривини евольвентної поверхні. Розгортка дозволяє перейти від дискретної моделі родини еволот кривої α до безперервної, яка дозволяє досить легко проводити інтерполявання та отримання проміжних результатів.

Полярна поверхня Δ вигинається на площину характеристичного трикутника нормалей AA_0A_K /рис.4/. Пучок еволот кривої перетворюється на розгортці Δ_0 поверхні в пучок прямих, що співпадають зі своїми напрямками-нормалями до евольвенти в кожній її точці. Лінія місця центрів кривини кривої α є подерею α_{K_0} ребра звороту полярної поверхні відносно центру пучка головних нормалей кривої α . Кут між головними нормалями кривої характеризує величину скруту кривої α : $\lim \sum \omega = -\int_0^s \chi ds$. Величини відрізків головних нормалей, обмежених кривою α_{K_0} та центром пучка A , рівні радіусам кривини в точках кривої α .

Полярні координати точки годографу визначаються $M_K(\rho_1, \int_{AM} \chi ds)$, якщо полярна вісь співпадає з відображенням головної нормалі кривої в точці A .

Ці позиції визначають принципи задання та конструювання просторової кривої за наперед заданими кривині та скруті за допомогою алгоритму, оберненому побудові розгортки полярної поверхні.

Варіювання положенням центру пучка A на розгортці полярної поверхні змінює радіуси кривини кривої у відповідних точках. Задання різноманітних полярних поверхонь визначає

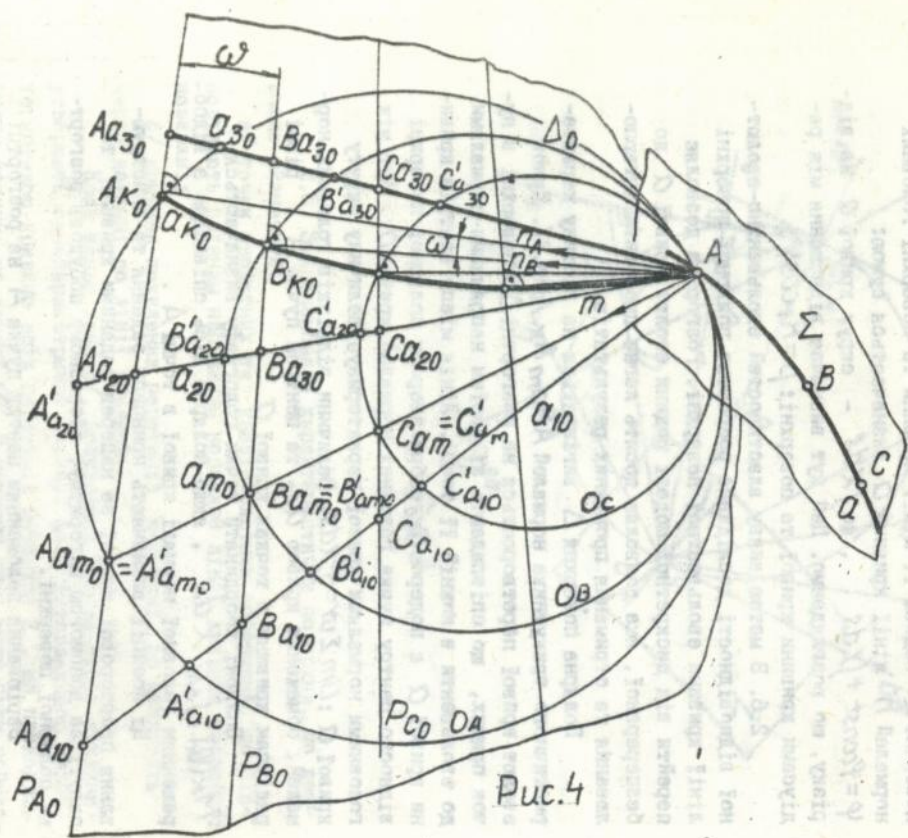


Рис. 4

задання кривих, різноманітних за кривиною та скрутом.

2.7. Показано, що розгортка полярної поверхні може розглядатись як евольвентно-еволютна згортка простору R_3 .

Доведені теореми:

Теорема 2. Численність точок розгортки розгорнутої поверхні можна розглядати як сукупність згорток просторових кривих, що знаходяться у паралельній відповідності, на їх полярну поверхню.

Теорема 2а /зворотна/. Родина кривих ліній, що знаходиться у паралельній відповідності, може бути згорнута в точки розгортки однієї розгорнутої поверхні - полярної поверхні родини.

Доведені теореми, що визначають умови суміщення полярної та еволютної /квазіеволютної/ поверхонь. Вони визначають умови незалежності формування поверхонь поділу від кута між нормаллю до поверхні та напрямком елементарного струменя.

Теорема 3. Родина ліній кривини поверхні Σ має спільну полярну поверхню, що співпадає з еволютною /квазіеволютною/ Σ' поверхні Σ , якщо ця родина знаходиться у паралельному співвідношенні.

Теорема 3а. Якщо будь-яка поверхня має свою еволютну розгорнуту поверхню, то одна з її родин ліній кривини знаходиться у паралельному співвідношенні.

Висновок 1. Якщо на поверхні рушія є родина ліній кривини, що знаходиться у паралельному співвідношенні, а рух елементарного струменя відбувається у нормальній площині лінії кривини, то формування поверхні поділу не залежить від кута поміж нормаллю та напрямком елементарного струменя.

Висновок 2. До поверхонь, що мають одну родину ліній кривини, що перебувають у паралельному співвідношенні, відносяться поверхні Монжа.

Висновок 3. Поодиноким випадком поверхонь Монжа є поверхні обертання, коли полярна /еволютна/ поверхня вироджується у лінію - вісь обертання, а однопараметрична родина нормальних площин ліній кривини, огинаючою яких є полярна поверхня, вироджується у пучок площин, що мають вісью цю лінію.

Висновок 4. Побудова евольвенти кривої по її полярній поверхні може проводитися за принципом побудови поверхні Монжа, коли профілем є точка. Площина, що обгинає еволютну поверхню, складена з головної нормалі кривої та напрямку еволюти.

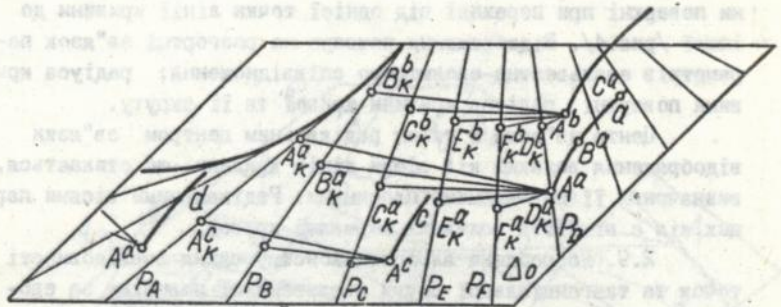
Теорема 3 дозволяє побудувати модель розшарування простору R^3 . Базою такого розшарування служить полярна поверхня R^2 родини евольвент, а шарами - криві лінії родини L^1 . Здобутий простір визначається добутком $R^2 \times L^1$. Кожна точка цього простору взаємоднозначно пов'язана з своїм шаром над базою. Кожній точці в базі відповідає свій шар. Зв'язність розшарованого простору, що характеризує співвідносини між базою і шарами та між шарами, визначається полярною поверхнею. Дослідимо її на розгортці полярної поверхні, що суміщена з однією з нормальних площин шару.

Якщо шари L^1 утворені просторовими кривими /рис.5а/, то криві їх центрів кривини - годографи кривини на розгортці полярної поверхні подані точковими рядами $a_k(A_k^a, B_k^a, C_k^a, \dots)$, які визначаються пучком радіусів кривини шару. Годографи характеризують два параметри: кривину шару - радіусами кривини та скрут її відрізків - кутами між радіусами кривини. Якщо шар - плоска крива, то годограф кривини - пряма, що співпадає з виродженим пучком нормалей. Пряма центрів кривини визначає один параметр - радіус кривини шару в кожній його точці /рис.5б/.

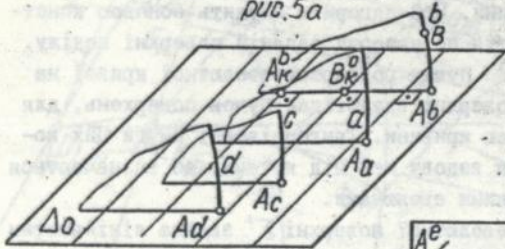
У граничному випадку, коли шар - пряма, база - безкінечно віддалена, нормальні площини утворюють пучок з невластною віссю. При суміщенні нормальних площин, отримуємо площину, на якій кожна ортогональна пряма задається точкою, що вказує на нульову кривину шару /рис.5в/.

Розглянуті положення можуть бути використані при аналізі та конструюванні робочої поверхні рушія і дослідженні структури потоку.

2.8. Досліджено відображення на розгортку полярної поверхні лінії кривини однопараметричної множини кіл Меньє, що взяті уздовж цієї лінії. Кола з'єднані перетворенням подібності, причому центр подібності співпадає з центром параболічної зв'язки. Радіус кожного наступного кола визначається

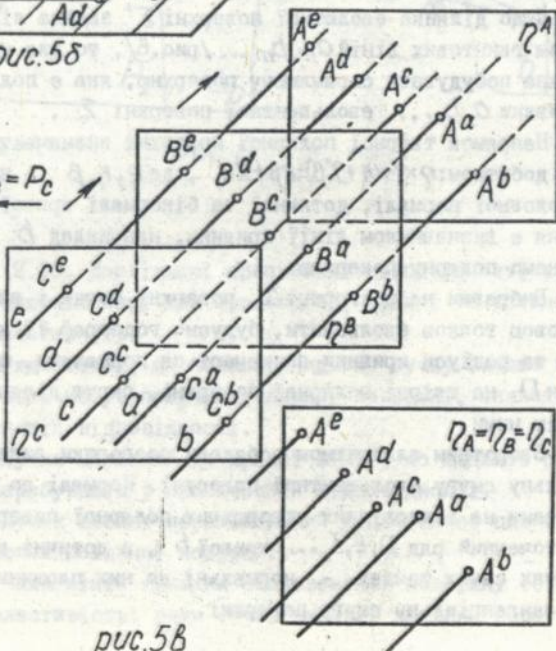


puc.5a



puc.5b

$$\Delta^\infty = P_A = P_B = P_C$$



puc.5B

розширенням попереднього на половину приросту радіуса кривини поверхні при переході від однієї точки лінії кривини до іншої /рис.4/. Відображення показує на розгортці зв'язок параметрів евольвентно-еволютного співвідношення: радіуса кривини поверхні, радіуса кривини кривої та її скруту.

Центр зв'язки є також радикальним центром зв'язки відображення великих кіл сфери лінії кривини, що стикається, визначених її нормальними площинами. Радикальними вісями пар цих кіл є відбиття головних нормалей кривої.

2.9. Розроблено алгоритм конструювання послідовності точок та тангенціальної смуги евольвентної поверхні за еволютами її лінії кривини. Цей алгоритм служить основою конструювання поверхні рушія по наперед заданій поверхні поділу.

Установлено, що пучку розгортки еволютної кривої на розгортці полярної поверхні відповідає пучок поверхонь, для яких ця крива є лінією кривини. Тангенціальні смуги цих поверхонь пересікаються вздовж неї під кутами, що визначаються кутами між відповідними еволютами.

Якщо ділянка еволютної поверхні Σ' задана лінійчастим каркасом гвинтових ліній a_m, b_m, \dots /рис.6/, то для кожної лінії можна побудувати спрямлюючу поверхню, яка є полярною лінією кривини a, b, \dots евольвентної поверхні Σ .

Напрямок твірної полярної поверхні визначається векторним добутком: $r \times (-k\alpha + \chi\beta) = k\beta + \chi\zeta$, де r, ζ, β - направляючі орти головної нормалі, дотичної та бінормалі кривої. Полярна поверхня є визначником лінії кривини, наприклад b /рис.6/. Розгорнемо полярну поверхню.

Вибравши на розгортці Δb_0 поверхні точки і вважаючи її початковою точкою евольвенти, будемо годограф її кривин. Центри та радіуси кривини визначаються нормальними, що опущені з точки D на твірні полярної поверхні, скрут ділянок - кутами між ними.

Зворотним алгоритмом побудови розгортки визначимо тангенціальну смугу евольвентної поверхні. Нормалі до кривої b з основами на відповідних утворюючих полярної поверхні визначають точечний ряд D, E, I, \dots кривої b , а дотичні до еволюти b_m в тих самих точках - нормальні до них площини, що складають тангенціальну смугу поверхні.

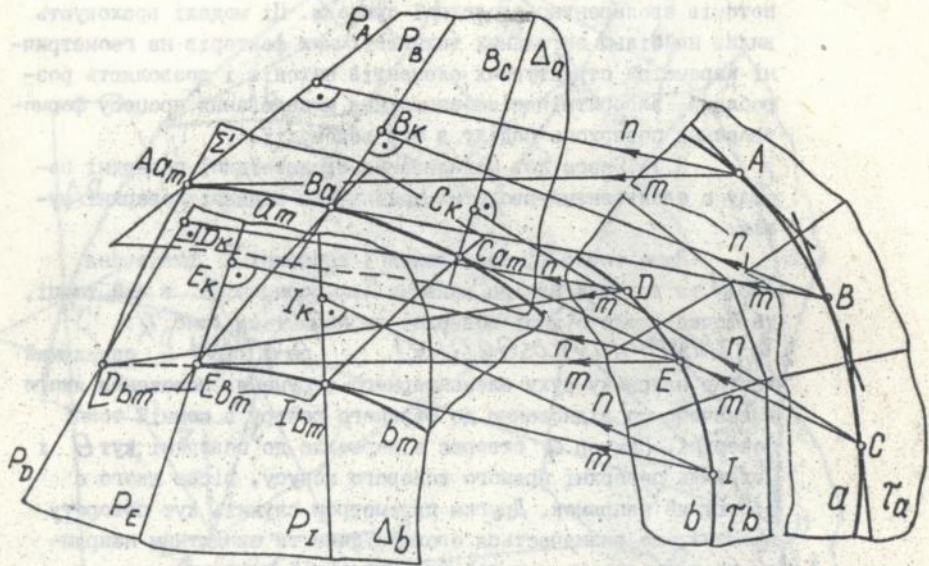


рис.6

2.10. Досліджені проєктивні відповідності в евольвентно-еволутній парі для просторової кривої та встановлені такі властивості:

1. Ряди точок, що належать одному пучку еволут просторової кривої на утворюючих полярної поверхні, знаходяться у проєктивній відповідності.
2. Пучки нормалей до кривої лінії, що задають пучок еволут, перебувають у проєктивній відповідності.
3. Пучок еволут перспективний рядам точок цих еволут на утворюючих полярної поверхні.

Для ліній кривини евольвентної поверхні встановлена така властивість: ряди точок центрів кривини перетинів по-

верхні, що задаються рухливою дотичною в точках ліній кривини цієї поверхні, і дотичні до пучка еволют цієї лінії, знаходяться у проєктивній відповідності.

В третій главі розроблені основи теорії моделювання потоків евольвентно-еволютної природи. Ці моделі враховують вплив найбільш загальних технологічних факторів на геометричні параметри структурних елементів потоків і дозволяють розробляти алгоритмічне забезпечення моделювання процесу формування поверхонь поділу в цій взаємодії.

3.1. Базою для моделювання еволютоїдної поверхні поділу є евольвентно-еволютна модель для заданої поверхні рушія.

Якщо точка A евольвентної поверхні Σ визначена $z(u,v)$ та відомий радіус кривини R_1 поверхні Σ в цій точці, то точка еволютоїдної поверхні визначається /рис.7/:

$$L_1 = z(u,v) + R_1(u,v) \cos \theta q(u,v) \quad \text{де } q(u,v) - \text{одичний}$$

вектор напрямку руху елементарного струменя, положення якого визначено по відношенню до обраного реперу в кожній точці поверхні. Вектор q створює з нормаллю до поверхні кут θ і належить поверхні прямого колового конусу, віссю якого є еволютний напрямок. Другим параметром служить кут повороту площини, що визначається еволютоїдним та еволютним напрямками, відносно нормальної площини лінії кривини.

Така поверхня може визначатися як кінематична перетворенням ліній кривини a, b, \dots еволютної поверхні за схемою: $\Sigma(a, b, \dots) \rightarrow \Sigma'(h_a, h_b, \dots) \rightarrow \Sigma''(\xi_a, \xi_b, \dots)$

Точки еволютоїд ξ_a, ξ_b, \dots визначаються на підставі властивості Реомера.

3.2. Досліджені відповідності та поверхні, що породжені евольвентно-еволютоїдною взаємодією.

Запропоновано узагальнення перетворень гомотетії моделлю гомотетії на криволінійних вісях евольвента-еволюта-еволютоїда.

При встановленні взаємооднозначній відповідності між точками евольвенти A , еволюти A' та еволютоїди A'' об'єднання відповідних точок створює однопараметричну родину подібних трикутників. Якщо будь-яка точка M' еволюти визначається дугою $\Delta S-n$, то сторони трикутників визна-

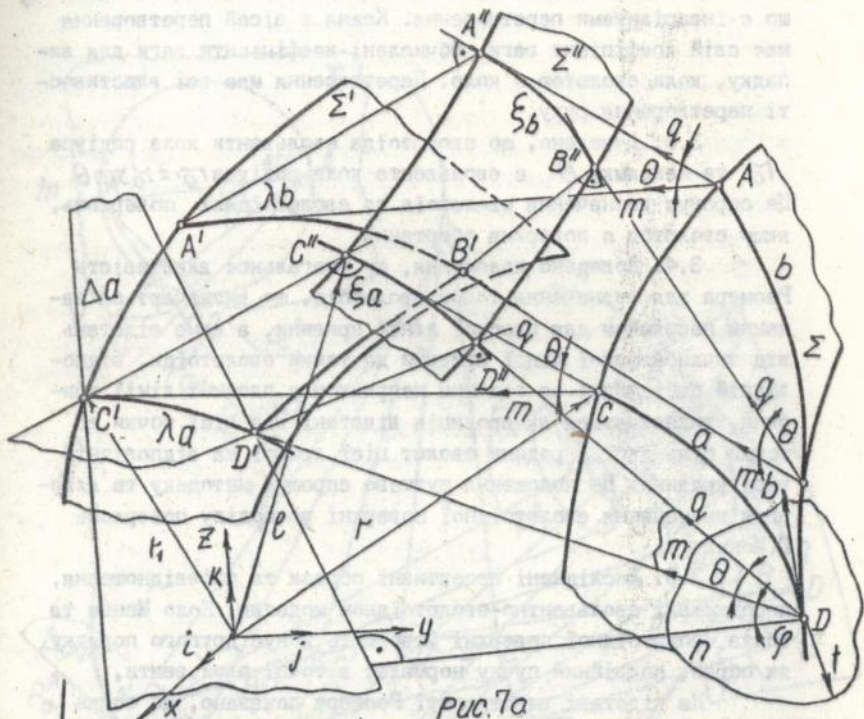


Рис. 7а

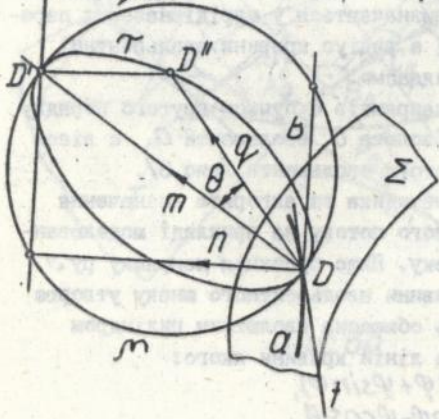


Рис. 7б

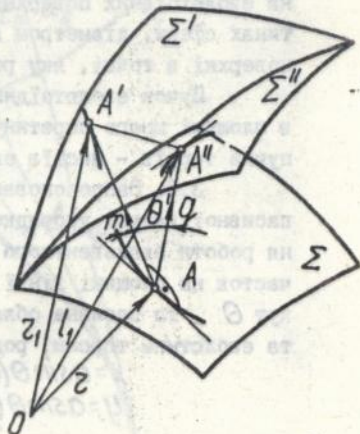


Рис. 7в

чаються співвідношенням $MM' = \Delta Sn$, $MM'' = \Delta S n \cos \theta$, $MM''' = \Delta S n \sin \theta$, що є інваріантами перетворення. Кожна з вісей перетворення має свій коефіцієнт ваги. Обчислені коефіцієнти ваги для випадку, коли еволютою є коло. Перетворення має всі властивості перетворення руху.

3.3. Доведено, що еволютоїда евольвенти кола радіуса r_a' та напрямку θ є евольвента кола радіуса $r_a' = r_a' \sin \theta$. Це спрощує визначення еволютоїд та еволютоїдних поверхонь, якщо еволютою є поверхня обертання.

3.4. Доведено положення, що узагальнює властивість Реомера для визначення точок еволютоїд, що визначаються заданим напрямком для плоскої лінії кривини, а саме відстань від точки плоскої лінії кривини до точки еволютоїди, відповідній цій точці за заданим напрямком у площині лінії кривини, визначається як проекція відстані від цієї точки до точки будь-якої з родини еволут цієї кривої на відповідній вісі кривини. Це положення суттєво спрощує методику та алгоритм визначення еволютоїдної поверхні розподілу поверхонь Г.Монжа.

3.5. Досліджені проєктивні образи та співвідношення, породжувані евольвентно-еволутоїдною моделлю. Коло Менє та точка еволютоїдної поверхні утворюють конус другого порядку як образ, подвійний пучку нормалей в точці евольвенти,

На підставі властивості Реомера показано, що точки на еволютоїдних поверхнях визначаються у меридіанальних перетинах сфери, діаметром якої є радіус кривини евольвентної поверхні в точці, яку розглядаємо.

Пучок еволютоїдних напрямків є пучком другого порядку в площині цього перетину. Еволюта A' евольвенти A є віссю пучка торсів - носіїв еволютоїд евольвенти /рис.8/.

3.6. Запропонована методика та алгоритм визначення пасивної галузі упорядкованого потоку на прикладі моделювання роботи евольвентного шнеку. Якщо проєкція напрямку руху часток на площині лінії кривини евольвентного шнеку утворює кут θ , то пасивна область обмежена еволутним циліндром та еволутним торсом, родина ліній кривини якого:

$$\begin{aligned}x &= a \sin \theta (\cos \varphi + \varphi \sin \varphi), \\y &= a \sin \theta (\sin \varphi - \varphi \cos \varphi).\end{aligned}$$

3.7. На базі евольвентно-еволутоїдної моделі поверхні розподілу відбитого потоку запропонована модель процесу та методика визначення поверхні поділу, що породжена гвинтовими траєкторіями елементів потоку як одна з моделей, близьких до реального процесу реології відбитого потоку /рис.9/. Встановлено взаємозв'язок між цими двома моделями. Розроблена методика може бути використана при корекції параметрів апаратів, що формують упорядковані потоки.

В четвертій главі розроблені геометричні моделі конструктивних рішень для виробів, що реалізують гвинтоподібні потоки.

4.1. Досліджено геометричні характеристики, що визначають багатоваріантність процесу конструювання робочої поверхні рушія.

Вибір початкових даних конструювання базується, зокрема, на доведеній властивості пари поверхонь евольвента-еволута.

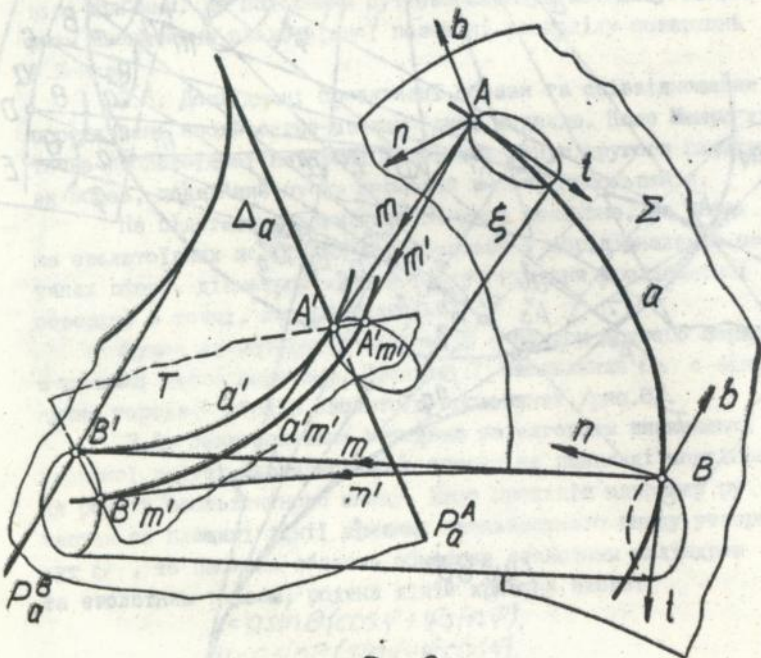


Рис.9

Властивість. Напрямки двох родин ліній кривини евольвентної поверхні колінеарні в кожній точці відповідно головній нормалі і бінормалі геодезичної лінії - еволюті однієї з ліній кривини у відповідній точці поверхні еволют.

Висновок. Кожна родина геодезичних на поверхні еволют визначає напрямки сітки ліній кривини на однопараметричній множині еквідистантних поверхонь евольвент.

4.2. Запропонована методика, розроблений алгоритм та реалізоване комп'ютерне конструювання робочої поверхні лопаті гребного гвинта, що забезпечує утворення упорядкованого потоку, що огинає наперед задані поверхні поділу. У поданому прикладі ці поверхні показані набором циліндричних поверхонь /рис.10/.

Напрямки ліній кривини поверхні, порядок їх побудови, регулярність зміни параметрів визначаються заданням ортогональної геодезичної чебишовської сітки на еволютній поверхні. Робоча поверхня лопаті задається або каркасом ліній кривини, що задані точечними рядами, або набором полос гвинтової гранної поверхні: $x = at + u$, $y = a \sin t + u \cos t$, $z = a \cos t - u \sin t$, де $u = x - 2at$.

4.3. Методика побудови поверхні поділу відбитого потоку адаптована прийнятій у сучасній авіаційній технології методики опису сітчастих моделей поверхонь, що запропонована В.П.Шепелем.

При сітчастій моделі поверхні:

$$\begin{aligned} x &= x_1 + a_1 t + b_1 s + c_1 st, \\ y &= y_1 + a_2 t + b_2 s + c_2 st, \\ z &= z_1 + a_3 t + b_3 s + c_3 st. \end{aligned}$$

Поверхня поділу має вигляд:

$$\bar{x} = x_1 + a_1 t + b_1 s + c_1 st + \left(\frac{F}{M} + \frac{G}{M\sqrt{E}} \right) [(b_2 a_3 - a_2 b_3) + (a_3 c_2 - a_2 c_3) t + (b_2 c_3 - b_3 c_2) s],$$

$$\bar{y} = y_1 + a_2 t + b_2 s + c_2 st + \left(\frac{F}{M} + \frac{G}{M\sqrt{E}} \right) [(a_1 b_3 - b_1 a_3) + (a_1 c_3 - a_3 c_1) t + (c_1 b_3 - c_3 b_1) s],$$

$$\bar{z} = z_1 + a_3 t + b_3 s + c_3 st + \left(\frac{F}{M} - \frac{G}{M\sqrt{E}} \right) [(b_1 a_2 - b_2 a_1) + (a_2 c_1 - a_1 c_2) t + (b_1 c_2 - b_2 c_1) s].$$

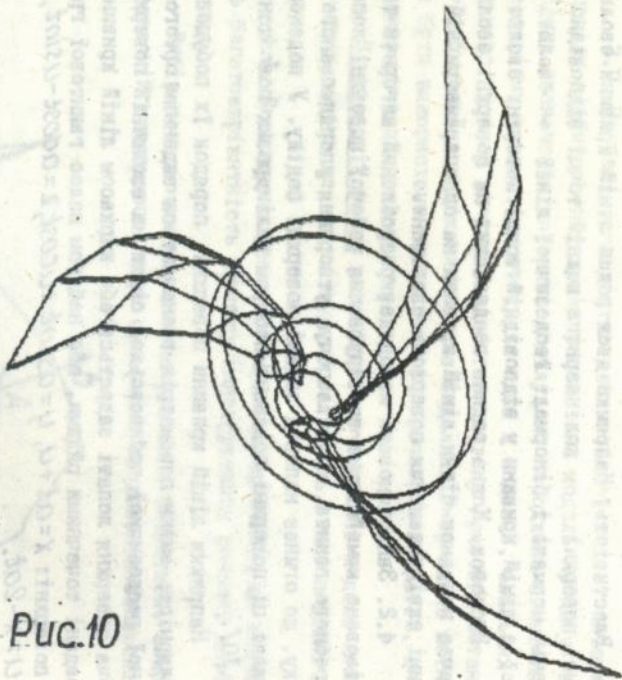


Рис.10

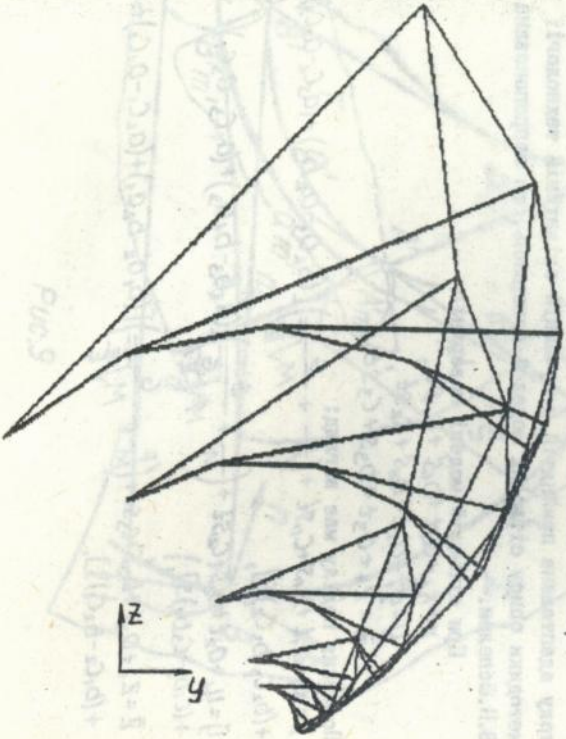


Рис.9

$$E = (b_1 + c_1 t)^2 + (b_2 + c_2 t)^2 + (b_3 + c_3 t)^2,$$

$$F = (b_1 + c_1 t)(a_1 + c_1 s) + (b_2 + c_2 t)(a_2 + c_2 s) + (b_3 + c_3 t)(a_3 + c_3 s),$$

$$G = (a_1 + c_1 s)^2 + (a_2 + c_2 s)^2 + (a_3 + c_3 s)^2$$

$$M = \frac{a_1 b_3 c_2 - a_1 b_2 c_3 + a_2 b_1 c_3 - a_2 b_3 c_1 + a_3 b_2 c_1 - a_3 b_1 c_2}{\sqrt{EG - F^2}}$$

На рис. II зображено відсік сітьової поверхні та її еволюти, виконаний на ПЕОМ.

4.4. Досліджені геометричні закономірності траєкторій руху часток середовища в суміжному шарі. За допомогою принципу Герца доведена властивість: геодезична кривина дуги кривої - траєкторії руху матеріальної точки по поверхні пропорційна величині зовнішньої сили, діючої на точку.

Ця властивість використана для розробки алгоритму керування зміною геодезичної кривини ліній при моделюванні траєкторій руху часток у суміжному шарі. При цьому, як основу використано геодезично паралельне перенесення векторів. Розроблений спосіб такого перенесення, заснований на колінеарності різниці $(dp - Dp)$ для векторів тангенціального поля з нормаллю до поверхні. Задача наближеного визначення вектора в кожній наступній точці, геодезично паралельного до вектора в попередній, зводиться до відшукання в кожній точці поверхні лінії перетину двох площин: дотичної до поверхні в цій точці і площини, паралельної до нормалі та початкового сектора у попередній точці. Розроблено алгоритм обчислювального процесу, який реалізує цей спосіб.

Для регулярної поверхні Σ $X = X(u, v)$, $Y = Y(u, v)$, $Z = Z(u, v)$ геодезично паралельне перенесення вектора a_i (a_i, b_i, c_i) з точки $M_i(u_i, v_i)$ в досить близьку точку $M_{i+1}(u_{i+1}, v_{i+1})$ здійснюється за схемою:

1. Визначається нормаль $n_i(l_i, m_i, n_i)$ до поверхні Σ в точці M_i : $\frac{X-X_i}{l_i} - \frac{Y-Y_i}{m_i} - \frac{Z-Z_i}{n_i}$, де $l_i = Y_u Z_v - Y_v Z_u$, $m_i = Z_u X_v - Z_v X_u$, $n_i = X_u Y_v - X_v Y_u$.

2. Дотична площина в точці M_{i+1} :

$$A_{i+1} X + B_{i+1} Y + C_{i+1} Z + D_{i+1} = 0$$

3. Площина, що паралельна до вектора a_i і вектора $n(l_i, m_i, n_i)$: $A X + B Y + C Z + D = 0$, де $A = b_i n_i - c_i m_i$, $B = c_i l_i - a_i n_i$, $C = a_i m_i - b_i l_i$, $D = -(A X_{i+1} + B Y_{i+1} + C Z_{i+1})$.

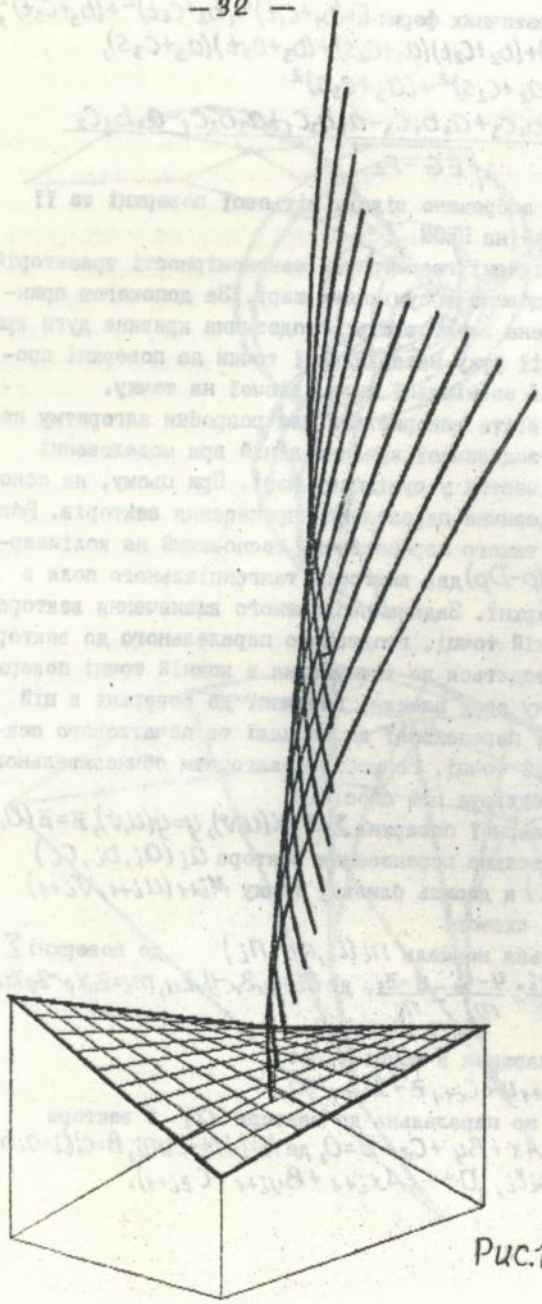


Рис.11

4. Вектор $a_{i+1}(a_{i+1}, b_{i+1}, c_{i+1})$ визначається координатами $a_{i+1} = b_{i+1}c - c_{i+1}b$, $b_{i+1} = c_{i+1}a - a_{i+1}c$, $c_{i+1} = a_{i+1}b - b_{i+1}a$.

На базі цього способу розроблені алгоритми побудови геодезичних ліній заданої геодезичної кривини, що моделюють траєкторії руху матеріальної точки в суміжному шарі залежно від функції зміни прикладеної сили.

В п'ятій главі на базі розроблених алгоритмів траєкторій руху частинок в суміжному шарі запропонована модель формування такого шару при одяганні поверхні тканиною.

5.1. Процес створення моделі чебишовської сітки одягання поверхні розглядається як рух системи точок, що належать початковій нитці однієї з родин сітки, з заданими в них тангенціальними векторами по поверхні, яку одягаємо. Використовується властивість цих векторів переноситися геодезично паралельно по нитках другої родини.

5.2. Доведена теорема про повну геодезичну кривину двох суміжних ліній чебишовської сітки.

Теорема. Якщо на відрізку поверхні чебишовська сітка визначена двома початковими взаємоортогональними геодезичними, то повна геодезична кривина довільно обраних пересічних ліній від точки їх пересічення до початкових ниток однакова.

За допомогою цієї теореми визначено характер зміни формуючих зусиль ліній сітки.

5.3. Реалізація алгоритму моделювання одягання поверхні тканиною та отримання викрійок тканьових наповнювачів при виготовленні обшивок поверхонь з склопластика на тканьовій основі показана на прикладах:

1. Носового обтічника "Емблема" літака АН-24.
2. Кормового відсіку човна для полювання.

ВИСНОВКИ

1. В роботі виконано дослідження геометрії широкого кола упорядкованих потоків в природі і техніці, а також встановлені інваріантні властивості евольвентно-еволютної природи геометричних моделей таких потоків. Це створило передумови для комплексних досліджень геометрії евольвентно-еволютної взаємодії в різних галузях техніки.

2. Розроблена класифікація поверхонь поділу, породжених відбитими потоками, що дозволило запропонувати комплекс алгоритмів геометричних моделей різних форм упорядкованих процесів.

3. Встановлені нові властивості геометрії евольвентно-еволютної взаємодії і запропоновані їх геометричні аналоги в апараті диференціальної геометрії ліній та поверхонь.

4. Встановлені проєктивні властивості в евольвентно-еволютній парі, що поглибило наші уявлення про взаємодію апаратів проєктивної та диференціальної геометрії в цій галузі.

5. Запропоновані геометричні моделі евольвентно-еволютного розшарування та згортання простору, що дозволяють встановлювати та досліджувати структуру потоку. Це дозволило запропонувати апарат конструювання ліній і поверхонь, що реалізують евольвентно-еволютну відповідність.

6. Розроблені теоретичні обґрунтування евольвентно-еволютної взаємодії як основи геометричного моделювання поверхонь поділу з урахуванням впливу технологічних факторів.

7. Запропоновано алгоритм конструювання робочих поверхонь лопатей гребних гвинтів та вентиляторів, формуючих спрямований потік по наперед заданій поверхні поділу.

8. Розроблено спосіб геодезично паралельного переносу векторів, на базі якого розроблені алгоритми побудови ліній заданої геодезичної кривини і моделювання чебишовської сітки.

Доведено висновок принципу Герца про пропорційність геодезичної кривини дуги траєкторії, матеріальної точки, що рухається по поверхні, діючої на неї зовнішній силі. Ці два положення стали основою моделювання поверхневого витікання потоку.

9. Запропоновано метод моделювання витікання суміжного шару за допомогою сітки, зокрема в моделі одягання поверхні як руху зв'язаної системи точок з заданими в них тангенціальними векторами.

10. Розроблені теоретичні обґрунтування та алгоритми геометричних розрахунків технологічних процесів виготовлення армованих оболонок.

Основний зміст дисертації опублікований в роботах:

1. Ванин В.В. Эволютно-эвольвентные модели поверхностей раздела в упорядоченных структурах // Прикл. геометрия и инж. графика. - К.: КГТУСА, 1994. - Вып.57, - С.62-65.
2. Ванин В.В. Эвольвентно-эволютное свертывание пространства. - К.: КГТУСА, 1995. - Вып.58, - С.71-74.
3. Павлов А.А., Грибов С.Н., Ванин В.В. Параметризация линейных обводов и примеры ее применения в конструировании поверхностей // Прикл. геометрия и инж. графика. - К.: КИСИ, 1993. - Вып.55. - С.10-14.
4. Ванин В.В. Геометрия моделирования закрытых упорядоченных процессов. Тези доповіді всеукраїнської науково-методичної конференції "Геометричне моделювання, інженерна та комп'ютерна графіка". м.Харків, ХІІ 21-23 вересня 1993. - С.52.
5. Ванин В.В., Павлов А.В. О моделировании пассивной области упорядоченного винтообразного потока. Тезисы докладов международной научно-практической конференции "Моделирование процессов и технологического оборудования в сельском хозяйстве" т.2. Мелитополь, 1994. - С.24-25.
6. Ванин В.В. Моделирование поверхности раздела взаимодействия движителя с потоком. Тезисы докладов международной научно-практической конференции "Моделирование процессов и технологического оборудования в сельском хозяйстве" т.2. Мелитополь, 1994. - С.45-46.
7. Ванин В.В., Павлов А.В. Классификация поверхностей взаимодействия движителя с потоком. Тези міжнародної науково-методичної конференції "Геометричне моделювання, інженерна та комп'ютерна графіка", Львів, 1994. - С.18-19.
8. Ванин В.В. Об одной интерпретации теоремы Менье. Тези міжнародної науково-методичної конференції "Геометричне моделювання, інженерна та комп'ютерна графіка", Львів, 1994. - С.19.
9. Ванин В.В. Об условии существования резной поверхности Монжа. Тезисы докладов международной научно-практической конференции "Современные проблемы геометрического моделирования" 5-7 сентября 1995. Мелитополь. - С.88-89.
10. Ванин В.В. Об одной модели расслоения пространства R^3 . Тезисы докладов международной научно-практической конфе-

- ренции "Современные проблемы геометрического моделирования" 5-7 сентября 1995. Мелитополь. - С.90-91.
11. Ванин В.В. Проективные соответствия, возникающие при определении эволют линии кривизны. Тезисы докладов международной научно-практической конференции "Современные проблемы геометрического моделирования" 5-7 сентября 1995. Мелитополь. - С.92-93.
 12. Павлов А.В., Ванин В.В. Принципы конструирования поверхности движителя по наперед заданной поверхности раздела. Тезисы докладов международной научно-практической конференции "Современные проблемы геометрического моделирования" 5-7 сентября 1995. Мелитополь. - С.9-10.
 13. Ванин В.В. О приближенном разворачивании оболочек неразвертывающихся поверхностей с учетом эластичности // Прикл. геометрия и инж. графика. - К.: Будівельник, 1967. - Вып.5. - С.132-134.
 14. Ванин В.В. Построение выкройки сетевого покрытия эллипсоида вращения // Прикл. геометрия и инж. графика. - К.: Будівельник, 1968. - Вып.7. - С.98-102.
 15. Ванин В.В. Об инволюционном соответствии на образующих линейчатых поверхностях, образуемых направлениями сети // Прикл. геометрия и инж. графика. - К.: Будівельник, 1976. - Вып.21. - С.72-74.
 16. Ванин В.В. О получении выкроек тканного наполнителя стеклопластика при изготовлении изделий контактным способом // Вестник КПИ, серия химического машиностроения и технологии. - К.: изд-во КГУ, 1968. - Вып.5. - С.16-23.
 17. Ванин В.В., Виткуп Н.К. К вопросу об одевании неразвертывающихся поверхностей // Прикл. геометрия и инж. графика. - К.: Будівельник, 1975. - Вып.20. - С.65-67.
 18. Ванин В.В., Дмитриев Н.А. К вопросу о геометрическом моделировании тканых покрытий оболочек // Республиканский межведомственный научно-технический сборник "Химическое машиностроение." - К.:Техніка, 1970. - Вып.12. - С.25-29.
 19. Ванин В.В., Булгакова А.Б. О развертках тканых наполнителей текстолитов для изготовления обшивок поверхностей контактным способом // Вест. Киев. политех. институт хим. машиностроение и технология. - К.: Вища школа, 1988. - Вып.25. - С.67-70.

20. Ванін В.В., Ізюменко Т.В., Чжоу Жуйпинь. Развертки поверхностей: Методические указания к самостоятельной работе по курсам "Начертательная геометрия и техническое черчение" и "Инженерная графика" для студентов всех специальностей. - К.: Кпи, 1989. - 36 с.
21. Булгакова А.Б., Ванін В.В., Хмеленко А.С. Подготовка рабочих органов плугов при основной обработке солонцов. Вестник КПИ, Машиностроение. - Вып.27. - К.: "Льбидь", 1990. - С.100-103.
22. Ванін В.В., Залевський В.И. Геодезически параллельное перенесение векторов // Прикл. геометрия и инж. графика. -К.: Будівельник, 1992. - Вып.53. - С.97-99.
23. Ванін В.В., Залевський В.И. Побудова лінії заданої геодезичної кривини // Прикл. геометрія та інж. графіка. -К.: КІВІ, 1993. - Вып.54. - С.54-57.
24. Ванін В.В., Залевський В.П. Побудова геодезичних ліній на поверхні // Прикл. геометрія та інж. графіка. - К.: КДТУБА, 1994. - Вып.56. - С.56-57.
25. Ванін В.В. Геометрические многообразия порожденные перемещением частиц в упорядоченном потоке. - К.: КПИ, 1993, - 8с. - Деп. в ГНТБ Украины 28.06.93, I263 - Ук93.
26. Ванін В.В. Моделирование поверхностей давления. - К.: КПИ, 1993. - II с. - Деп. в ГНТБ Украины 28.06.93, I264-Ук93.
27. Павлов А.В., Ванін В.В., Грибов С.Н. Геометрическое моделирование нуклеатидных структур. - К.: НТУУ "КПИ", 1995, - 27 с. - Деп. в ГНТБ Украины 21.11.95, 2443 - Ук95.
28. Ванін В.В. Проективные соответствия в эвольвентно-эволютной паре. - К.: НТУУ "КПИ", 1995. - 5 с. - Деп. в ГНТБ Украины 20.06.95, I565 - Ук95.
29. Ванін В.В. Исследование эвольвентно-эволютной модели Г.Монжа. - К.: НТУУ "КПИ", 1995. - 14 с. - Деп. в ГНТБ Украины 20.06.95, I566 - Ук95.
30. Ванін В.В. О свойствах свертки характеристической поверхности линии кривизны эвольвентной поверхности. - К.: НТУУ "КПИ", 1995. - 10 с. - Деп. в ГНТБ Украины 20.06.95, I593 - Ук95.

31. Ванин В.В. О построении тангенциальных полос эвольвентной поверхности по характеристикам ее линий кривизны. - К.: НТУУ "КПИ", 1995. - 10 с. - Деп. в ГНТБ Украины 20.06.95, I599 - Ук95.
32. Ванин В.В. Характеристическая поверхность в эвольвентно-эволютном соответствии. - К.: НТУУ "КПИ", 1995. - 13 с. - Деп. в ГНТБ Украины 20.06.95, I567 - Ук95.
33. Ванин В.В. О некоторых свойствах полярной поверхности кривой. - К.: НТУУ "КПИ", 1995. - 15 с. - Деп. в ГНТБ Украины 20.06.95, I591 - Ук95.
34. Ванин В.В. О проективных соответствиях в нормальной плоскости линии кривизны поверхности. - К.: НТУУ "КПИ", 1995. - 5 с. - Деп. в ГНТБ Украины 20.06.95, I568 - Ук95.
35. Ванин В.В. О структуре отраженного потока. - К.: НТУУ "КПИ", 1995. - 10 с. - Деп. в ГНТБ Украины 20.06.95, I570 - Ук95.
36. Ванин В.В. Специальный вид нелинейной гомотетии на криволинейных осях эволюта-эвольвента-эволютоида. - К.: НТУУ "КПИ", 1995. - II с. - Деп. в ГНТБ Украины 20.06.95, I569 - Ук95.
37. Ванин В.В. Эвольвентно-эволютные модели в упорядоченных потоках. - К.: НТУУ "КПИ", 1995. - 129 с. - Деп. в ГНТБ Украины 21.II.95, 2444 - Ук95.
38. Dourdou K. Vanine V. Le développement de l'enveloppe de tissage d'une sphère par la méthode de Tchebychev. Recueil des thèses du IV cercle scientifique de l'I.N.H.Boumerdes, le 25-26 av. 1973, p.28-29.

Аннотация.

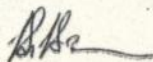
Ванин В.В. Эвольвентно-эволютные модели в упорядоченных потоках. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.01.01 - "Прикладная геометрия, компьютерная графика, дизайн и эргономика". Киевский государственный технический университет строительства и архитектуры, Киев, 1996. Защищается 38 научных работ, которые содержат теоретическое обоснование эвольвентно-эволютного и эвольвентно-эволютоидного взаимодействия как основы геометрического моделирования различных форм упорядоченных

процессов. Разработана система геометрических моделей эвольвентно-эволютной природы для целей исследования, конструирования и коррекции поверхностей, формирующих упорядоченные потоки в технологических процессах. Исследованы геометрические закономерности и разработаны алгоритмы формирования траекторий движения поверхностного истечения потока.

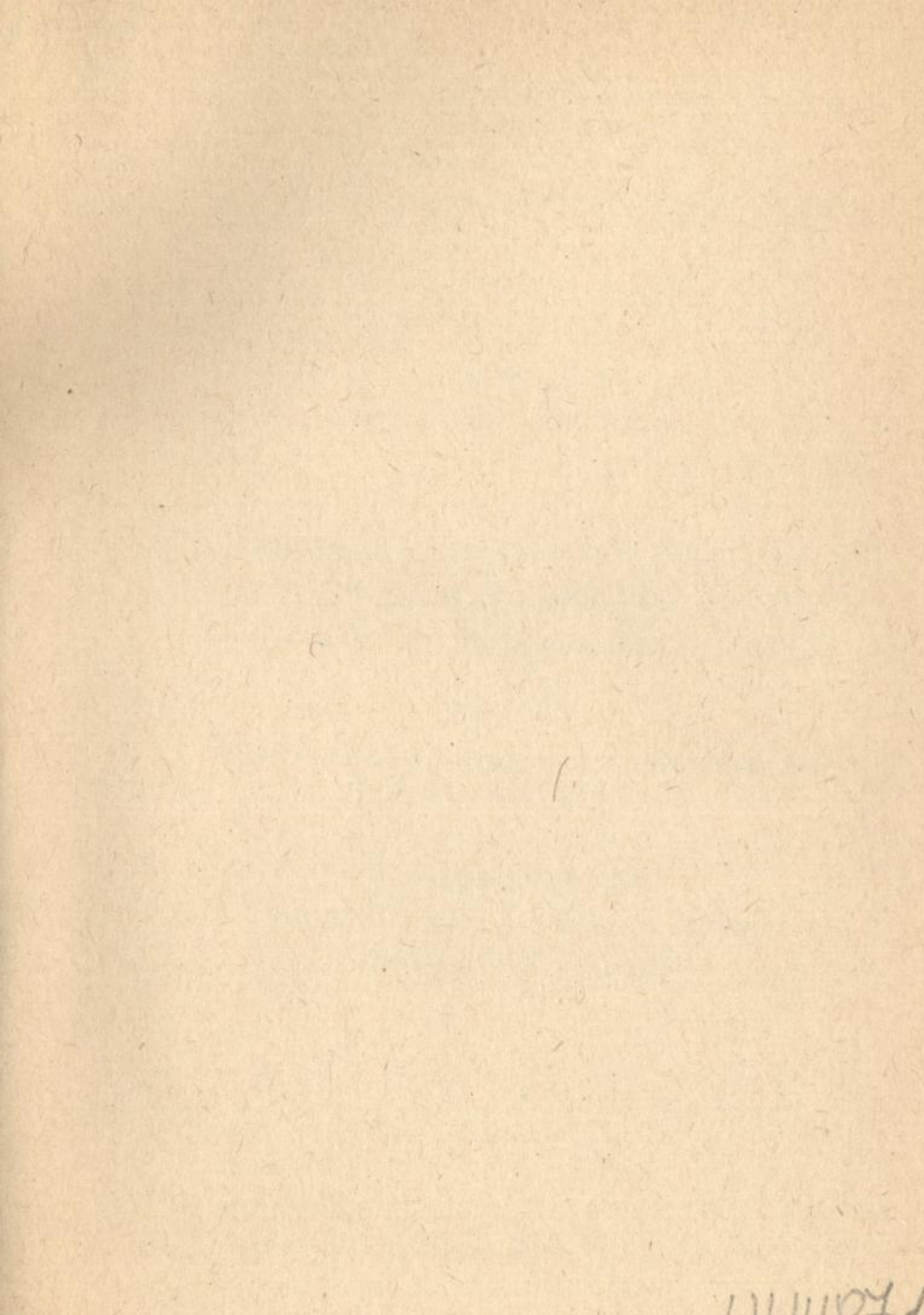
Ключові слова: поверхні: евольвентні, еволютні, еволютоїдні, полярні, поділу; геометричне моделювання, геодезична кривина, відбитий потік.

SUMMARY

Vanin V.V. Involute-evolute models in the ordered flows. Dissertation for a degree of Doctor of Science, DSc. Speciality 05.01.01. "Applied Geometry, Computer Graphics, Design and Ergonomics". Kiyiv State Technical University of Civil Engineering and Architecture, Kiyiv, 1996. Thirty eight scientific works have to be defended. They include the theoretical basis of the involute-evolute and involute-evolutode interaction as the fundamentals of geometric modelling having involute-evolute nature to investigate, develop and correct the surfaces forming ordered flows in the technological processes. Geometric relationships are investigated and the algorithms of the mechanical trajectory formation of the surface outflow are developed.



НТУУ "КПІ", проспект Перемоги, 37.
Лаб. офсетного друку. Об'єм 1,8 др.арк.
Замовлення 122. Тир 100.



AB 34.314