

И.Б. Аббасов, В.В. Орехов

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ КИНОТЕАТРА В СРЕДЕ ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ 3 DS MAX

Постановка проблемы. При проектировании и реконструкции объектов городского ландшафта достаточно наглядным и выгодным способом является создание фотореалистичных компьютерных моделей создаваемых сооружений.

Анализ достижений и публикаций. В настоящее время существует достаточное количество графических систем трехмерного моделирования: Maya, 3 ds max, Mechanical Desktop, Light Wave, Solid Works, T-Flex, и др. Среди этих систем в дизайнерской среде популярной является графическая система 3 ds max, которая позволяет создавать вполне реалистичные трехмерные сцены [1-5].

Постановка задачи. В данной работе рассматривается концептуальная реконструкция кинотеатра «Октябрь» (г. Таганрог) с использованием среды трехмерного моделирования 3 ds max. Преимуществом применения компьютерного моделирования при проектировании является возможность наглядного просмотра сцен интерьера и фасада до проведения самой реконструкции. Кино на большом экране, сегодня снова является популярным. Проходит эпоха домашних видеомагнитофонов. Сегодня люди готовы платить деньги за просмотр очередного блокбастера, в кинотеатре на большом экране с хорошим звуком. Но широкого экрана и звука недостаточно для хорошего просмотра. По стране все больше кинотеатров советского периода подвергаются реконструкции, в соответствии с новыми стандартами аудиотехники и тенденциями моды. В г. Таганроге кинотеатр «Октябрь» является как раз таким кинозалом. По сути являющийся сегодня единственным в городе, он продолжает жить в начале прошлого века. В условиях рыночной экономики здание кинозала превратилось в торговый центр. Фасад превратился в одну сплошную вывеску. Поэтому реконструкция необходима как фасадам так интерьерам кинотеатра. Предлагается «бюджетный» вариант реконструкции, по возможности, не захватывающий основной конструкции здания, так как относится к защищенным объектам городской архитектурной среды. При реконструкции планируется применение современных материалов.

Трехмерное моделирование здания кинотеатра. Современный вид фасада кинотеатра «Октябрь» представлен на рис. 1. Для реконструкции будут созданы модели фасада кинотеатра, а также из внутренних помещений: интерьер холла с баром и зала просмотра.



Рисунок 1 - Современный фасад здания кинотеатра «Октябрь»

Для реконструкции будут созданы модели фасада кинотеатра, а также из внутренних помещений: интерьер холла с баром и зала просмотра. На рис. 2 представлена визуализация реконструированного интерьера холла кинотеатра с баром. При моделировании трехмерных объектов сцены использовались как трехмерные примитивы, так специальные модификаторы. Несущие стойки созданы из примитива Box (Параллелепипед), стены выдавлены модификатором Extrude (Выдавливание), стол создан вращением профиля Lathe (Вращение), стулья собраны на основе лофтинговых объектов модификатором Loft (Лофтинг).

На рис. 3 приведена визуализация реконструированного зала просмотра кинотеатра. Для создания настенных панелей (в виде ленточной перфорации) использовался метод выдавливания, кресла были

сформированы из примитива Вох (Параллелепипед) с дальнейшим пополигонным выдавливанием. Арматура кресел смоделирована с использованием примитивов и лофтинговых объектов.



Рисунок 2 - Реконструированный интерьер холла кинотеатра с баром (справа)



Рис.3 - Реконструкция зала просмотра кинотеатра (виды из зала и со сцены)

Кинозал оборудован современным звуковым оборудованием, комфортабельными креслами и улучшенной системой вентиляции воздуха. В отделке использованы материалы, улучшающие акустические характеристики помещения. Сине-белая цветовая гамма, характерна как для кинозала, так и для холла. Общие элементы декора, подчеркивают современную стилевую направленность.

Далее рассматриваются вопросы создания фирменного стиля. В современном мире фирменный стиль - это лицо фирмы. Сегодня фирменный стиль является одним из факторов успеха компании. Фирменный стиль должен отражать деятельность предприятия. Но в то же время должен оставаться лаконичным и стильным. Как и у большинства кинотеатров в стране, название кинотеатра оставлено прежним. На рис. 4 приведены основные элементы фирменного стиля: логотипа в разных вариантах, визитная карточка, фирменный бланк с бэджами. Шрифт и цвет, отражают настроение, которое вызывает слово «ОКТЯБРЬ» с участием красных тонов. Но в то же время нет прямой связи с прошлым, что соответствует современным нравам и моде. Прямой без засечек шрифт выглядит лаконично и стильно. На рис. 5 представлена визуализация реконструированного фасада кинотеатра. Для моделирования составных частей сцены использовались трехмерные примитивы и модификаторы для выдавливания и лофтинга.



Рисунок 4 - Элементы фирменного стиля: логотип, визитка, фирменный бланк

Выводы. В работе представлена одна из версий реконструкции кинотеатра «Октябрь» с использованием систем трехмерного моделирования. Также были рассмотрены вопросы создания фирменного стиля. Следует отметить также, что немаловажным при создании фирменного стиля и оформлении интерьера является наличие у дизайнера как творческого подхода, так и соответствующих навыков работы с современными компьютерными технологиями.

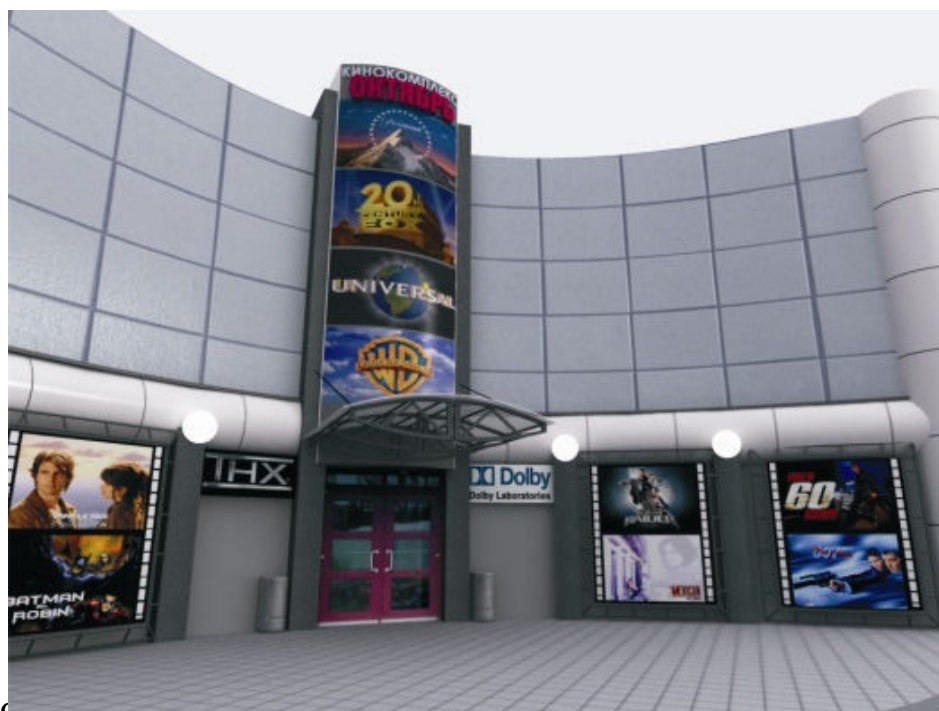


Рисунок 8 – Реконструированный фасад здания кинотеатра «Октябрь»

ЛИТЕРАТУРА

1. Визуальная культура – визуальное мышление в дизайне / Под. ред. Генисаретского О. – М.: ВНИИТЭ, 1990. - 207 с.
2. Шушан Р., Райт Д., Льюис Л. Дизайн и компьютер. – М.: Изд. «Channel Traiding Ltd.», 1997. - 544 с.
3. Бордман Т. 3 ds max 5. - СПб.: Издательство «Питер», 2004. 443 с.
4. Аббасов И.Б. Основы трехмерного моделирования в графической системе 3 ds max. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2005. – 207 с.
5. Аббасов И.Б. Компьютерное моделирование скульптурных поверхностей. Сборник научных трудов украинско-российской научно-практической конференции «Современные проблемы геометрического моделирования». - Харьков: ХДУХТ, 2005. - С. 334 - 335.

Получено 03.04.2006 г.

ОСОБЛИВОСТІ ТРИВИМІРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ У СЕРЕДОВИЩАХ ПАКЕТІВ AUTOCAD ТА MECHANICAL DESKTOP

Постановка проблеми. У наш час тривимірне комп'ютерне моделювання займає все більше значення в різних сферах діяльності людини. Створено цілий ряд пакетів прикладних програм, що дозволяють не тільки будувати тривимірні моделі твердих тіл, але й обробляти пов'язану з ними інформацію. Тому дедалі необхідніше не тільки обґрунтовано обирати програмне забезпечення, але максимально ефективно його застосовувати, що потребує розробки та вдосконалення алгоритмів і підходів.

Тривимірна комп'ютерна модель, що побудована відповідно до сучасних вимог, на наш погляд повинна:

а) дозволяти візуально знаходити й усувати всі недоліки виробу ще до початку розробки проектно-конструкторської документації;

б) нести інформацію про фізичні, оптичні й інші властивості матеріалу об'єкта, даючи можливість в автоматичному режимі розраховувати такі характеристики об'єкта, як маса, об'єм, центр інерції та інші, а також відтворюючи його текстуру, фактуру й колір;

в) бути «розпізнавана» пакетами, що дозволяють визначати напружено-деформований стан і міцності характеристики відповідного виробу з урахуванням способу закріплення (крайових умов), характеру й інтенсивності зовнішніх навантажень;

г) бути параметризованою, тобто швидко змінювати розмір і форму за бажанням проектувальника, забезпечуючи багатоваріантність геометричних рішень і відповідних графічних зображень;

д) давати можливість легко переходити до двовимірного представлення об'єкта, в тому числі у вигляді креслення;

е) допускати можливість використання програмних засобів додаткової візуалізації для використання в презентаціях, дизайнерських розробках, рекламі, комп'ютерній анімації.

© О.В. Архіпов, А.А. Матвійчук, 2006

Ціль статті полягає у розробці алгоритмів та вдосконаленні підходів при застосування пакетів AutoCAD та Mechanical Desktop при

побудові тривимірних моделей, що відповідають зазначеним вище вимогам.

Аналіз останніх публікацій. Більшість літератури, що присвячена використанню графічних пакетів, досить повно дає інформацію щодо використання тих чи інших команд інтерфейсу та пов'язаних з ними операцій [1,2]. При цьому не завжди приділяється увага наведенню алгоритмів та підходів, спроможних формалізувати процес побудови тривимірної моделі. Це можна вважати **невирішеною проблемою**, з якою зіштовхуються численні користувачі програмної продукції Autodesk.

Побудова тривимірних моделей тіл засобами Mechanical Desktop. Нижче у лаконічному вигляді формулюється алгоритм побудови тривимірної моделі у пакеті Mechanical Desktop, що пропонується авторами.

1. Декомпозиція моделі на найпростіші просторові форми.
2. Створення площини ескізу й виконання начерку базового елемента
3. Перетворення начерку базового елемента в ескіз і встановлення параметричних зв'язків.
4. Перетворення ескізу елемента в просторову форму шляхом:
 - а) видавлювання ескізу на деяку глибину ("Extrude");
 - б) обертання ескізу на деякий кут навколо обраної осі ("Revolve");
 - в) лінійного й кубічного натягування по декількох ескізах ("Loft");
 - г) переміщення ескізу за заданою траєкторією ("Sweep").
5. Створення додаткових робочих площин, побудова в них ескізів форм-тіл.
6. Перетворення ескізів форм-тіл у просторові форми (див. п.4).
7. Одержання комбінованої деталі з базового елемента й побудованих форм-тіл із застосуванням операцій:
 - а) вирахування ("Cut");
 - б) об'єднання ("Join");
 - в) перетинання ("Intersect").
8. Додавання до форми деталі стандартних елементів з бібліотеки - фасок, сполучень, отворів й ін. ("Placed Features").

Зразки отриманих за наведеним алгоритмом тривимірних моделей корпусних деталей наведено на рисунку 1. При їх побудові вико-

ристовувалися лише базові елементи та форм-тіла, отримані за допомогою операцій видавлювання та обертання.

На рисунку 2 наведено модель, яка отримана з використанням операцій видавлювання, лінійного натягування та переміщення ескизу за заданою траєкторією. Ця модель параметризована за багатьма геометричними параметрами. Шляхом зміни лише трьох геометричних параметрів менш ніж за хвилину можна в автоматичному режимі перебудувати геометричну модель і отримати всі наведені на рисунку геометричні форми.

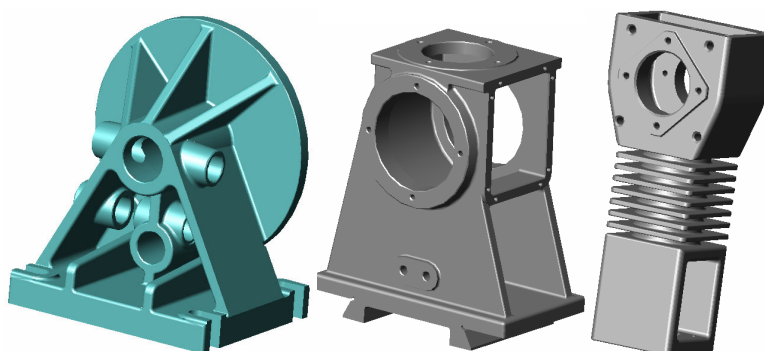


Рисунок 1 – Зразки тривимірних моделей корпусних деталей

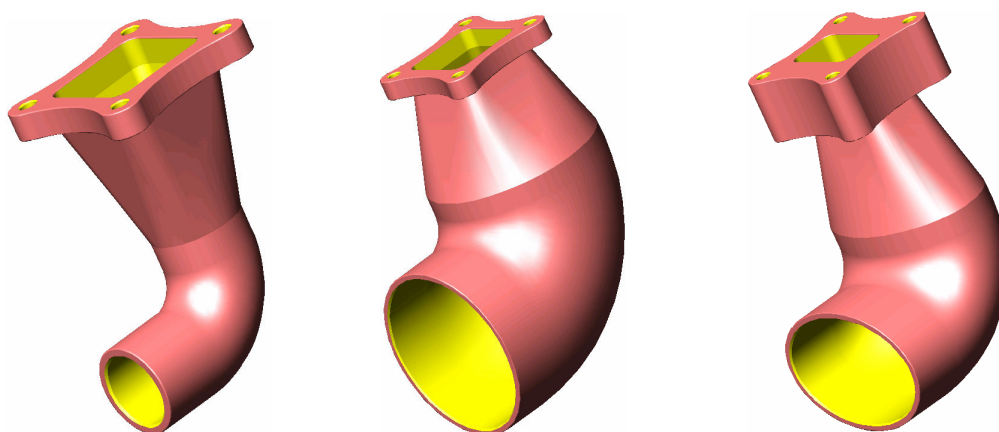


Рисунок 2 – Зразок впливу зміни параметрів на геометричну форму моделі

Побудова тривимірної моделі складальної одиниці засобами Mechanical Desktop. Побудова тривимірної моделі редуктора, наведеного у кінцевому стані проектування на рисунку 3, може бути розбита на декілька етапів.

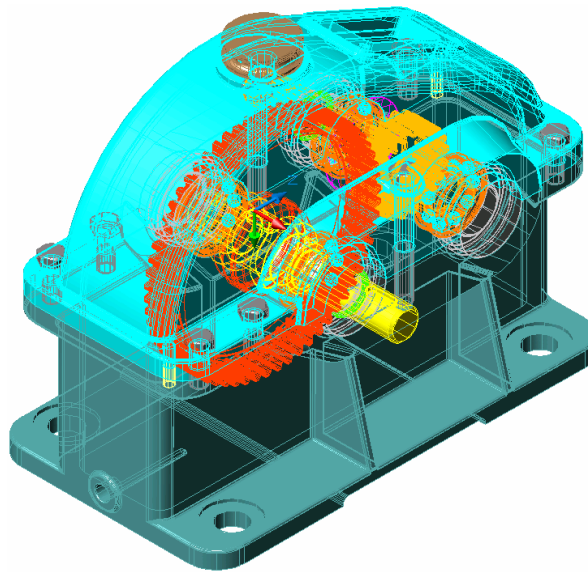


Рисунок 3 – Загальний вигляд тривимірної моделі редуктора

1. Аналіз технічного завдання на проектування. Визначення устрою редуктора, геометрії та взаємодії його окремих частин. Ескізна проробка форми всіх деталей з урахуванням способів з'єднання деталей між собою й можливої технології їхнього виготовлення.

2. Аналіз геометричних форм всіх деталей з погляду їх подальшого геометричного комп'ютерного моделювання.

3. Розрахунок можливих геометричних параметрів і побудова в пакеті Mechanical Desktop тривимірних моделей вала-шестірні й зубчастого колеса. При цьому побудова зубчастого колеса може бути розбита на такі етапи:

а) побудова диска-заготівки, параметризованого відносно модуля m та кількості зубців z , що містить отвір і шпонковий паз;

б) побудова й параметризація плоского ескізу, що вилучається між двома зубцями матеріалу;

в) видавлювання отриманого ескізу на товщину колеса;

г) копіювання круговим масивом отриманих тривимірних елементів;

д) зняття необхідних фасок і побудова сполучень.

4. Побудова тривимірних моделей вала, шарикопідшипника, диска, втулки. Виконувалася з використанням вже перерахованих вище операцій твердотільного моделювання (див. рис. 4).

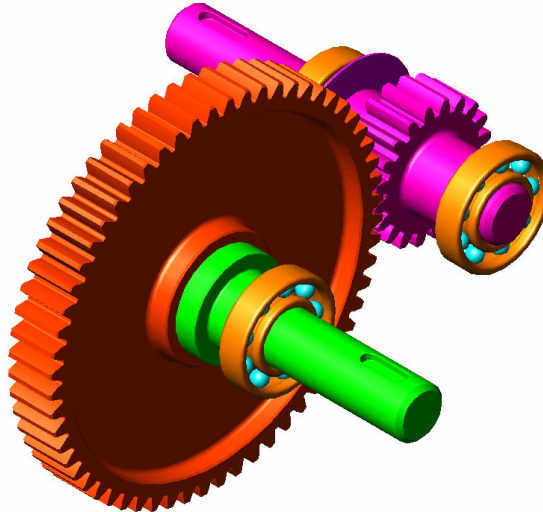


Рисунок 4 – Загальний вигляд тривимірних моделей рухомих частин редуктора

5. Побудова тривимірних моделей корпусу, кришок (див. рис.5) та інших виробів, що залишилися. Всі зовнішні форми корпусу були побудовані шляхом видавлювання замкнених контурів, що описують геометрію нижньої та верхньої основи, середньої частини, ребер жорсткості.

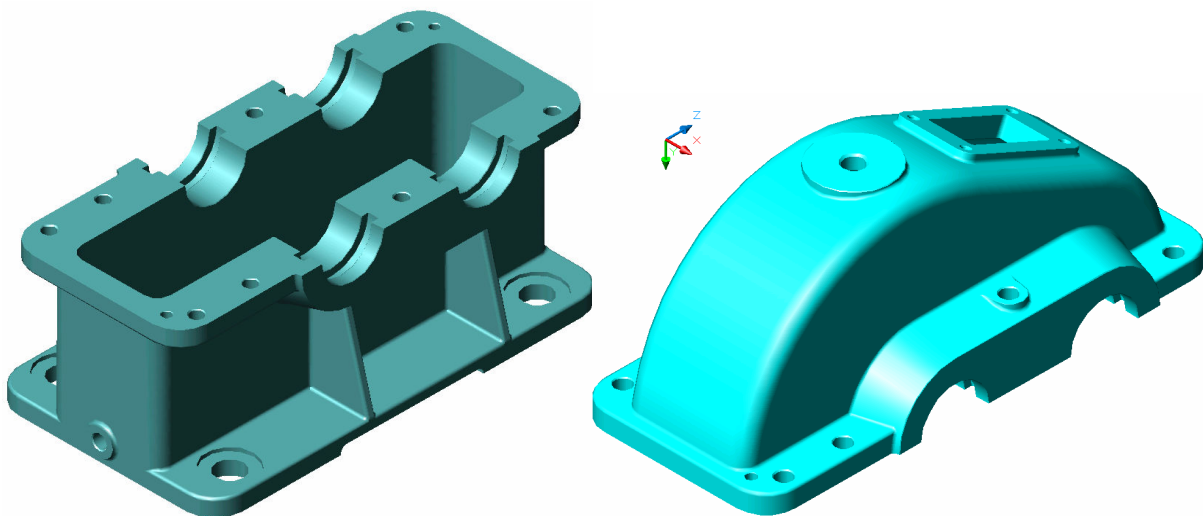


Рисунок 5 – Тривимірні моделі корпусу та верхньої кришки

6. Виконання остаточного аналізу отриманої тривимірної моделі на предмет точного узгодження розмірів всіх деталей, що сполучаються, можливості проведення розбирання та зборки редуктора (рис.6). Отримані тривимірні моделі деталей редуктора можуть бути використані для виконання розрахунків на міцність за допомогою одного з пакетів прикладних програм (наприклад, ANSYS) і для виконання робочих креслень деталей. Необхідно зазначити, що засоби

програми AutoDesk Mechanical Desktop надають змогу створювати багато варіантів даного вузла лише змінюючи числові значення розмірів, що є параметрами кожної деталі.

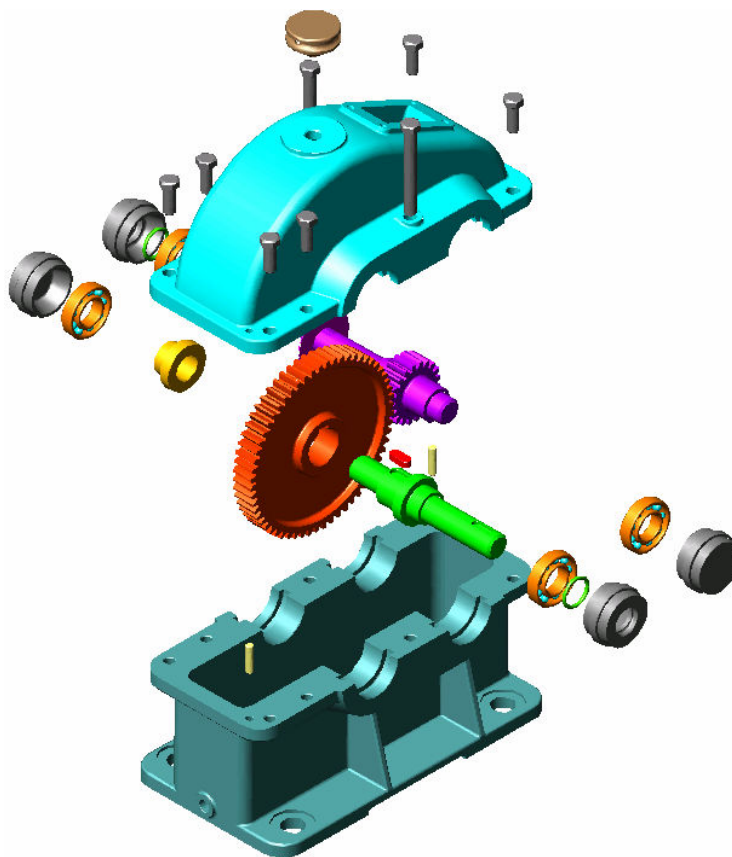


Рисунок 6 – Загальна декомпозиція виробу

Отримані результати. Таким чином, запропоновані у статті підходи та алгоритми побудови тривимірних моделей є апробованими. Отримані за ними комп'ютерні моделі повністю відповідають всім сформульованим на початку статті сучасним вимогам.

Висновки та перспективи. Тривимірне комп'ютерне моделювання займає и повинно займати дедалі більше значення у багатьох напрямках діяльності людини. Воно потребує не тільки відповідного програмного забезпечення, а й нових алгоритмів та підходів, які б давали змогу зробити його більш простим у застосуванні та ефективним.

ЛІТЕРАТУРА

1. Федоренков А., Кимаев А. AutoCAD 2002: практический курс. - М.: ДЕС КОМ, 2002.- 576 с.
2. Кудрявцев Е.М. Mechanical Desktop Power Pack. Основы работы в системе. - М.: ДМК Пресс, 2001.- 544.

Получено 10.04.2006 г.

ПОСТПРОЦЕСІНГ ДІЛЯНКИ ЗОБРАЖЕННЯ ТРИВИМІРНОЇ СЦЕНИ

Постановка проблеми. Моделювання тривимірних сцен з фотореалістичною якістю зображення вимагає вдосконалення методів створення спеціальних ефектів у комп'ютерній графіці. Рендеринг зображення проводиться виходячи з фізичних властивостей об'єктів, що моделюються, та з урахуванням особливостей зору людини. Реалізація алгоритмів побудови спеціальних ефектів, таких як: відблиски, глибина різкості сцени, вогонь, дим, бризки і т.п., може здійснюватися за допомогою методу білбордів, постпроцесінгу зображення, моделювання систем часток та ін. Дуже часто виникає необхідність постпроцесінгу ділянок зображення тривимірної сцени із послідуєчим змішанням результату обробки за функцією користувача з вмістом буферу кадру. Сучасні графічні процесори не мають змоги виконувати вибірку з буферу кадру у фрагментному шейдері. Це обумовлює пошук алгоритмів щодо подолання цього обмеження.

Аналіз останніх досліджень. Три класи операцій обробки зображення, які розглянуті Ansari [2], дають змогу проводити перетворення, викривлення та знаходження контурів об'єктів. Робота [3] пропонує методику побудови гістограми інтенсивностей кольорів зображення тривимірної сцени у режимі реального часу. Алгоритми постпроцесінгу, що описані у роботі [4], дають змогу отримувати чорно-білі зображення, застосовувати фільтри зміщення палітри, знаходження країв, створення ефекту штрихування олівцем та ін. Ці алгоритми виконують обробку всього зображення тривимірної сцени.

Формування цілей статті. Метою даної роботи є застосування методу постпроцесінгу ділянки зображення сцени для накладання спеціальних ефектів за функцією змішання.

Основна частина. При візуалізації фізичних процесів, що локалізовані у просторі та при моделюванні властивостей певного об'єкту реального світу доцільно проводити постпроцесінг лише деякої прямокутної ділянки зображення тривимірної сцени, що вміщує спеціальний ефект. Для визначення координат ділянки скористаємося методом білбордів [7].

© Н.М.Аушева, А.А.Демчишин, 2006

Положення геометричного об'єкту у просторі тривимірної сцени визначається видовою матрицею $M_B \equiv [a_{ij}]$, $i, j = 1..4$, де a_{ij} - коефіцієнти проєктивних перетворень.

На першому етапі сформуємо базис системи координат білборду з компонентів оберненої видової матриці об'єкту. Видова матриця M_B є ортогональною за умови, якщо до початкової одиничної матриці об'єкту застосовувались лише трансформації зсуву, масштабування та обертання. Тоді обернена квадратна матриця M_B^{-1} може бути знайдена як:

$$M_B^T M_B = M_B M_B^T = I, \text{ тобто } M_B^T = M_B^{-1}, \quad (1)$$

де I – одинична матриця.

Згідно з (1) базисні вектори системи координат білборду будуть мати вигляд:

$$\mathbf{r}_R = \{a_{11}, a_{21}, a_{31}\}, \mathbf{r}_U = \{a_{12}, a_{22}, a_{32}\} \quad (2)$$

Визначимо координати вершин білборду $ABCD$ (рис.1):

$$\begin{aligned} \mathbf{r}_A &= \mathbf{r}_O - \mathbf{r}_R \cdot \mathbf{s}_1 \cdot u - \mathbf{r}_U \cdot \mathbf{s}_2 \cdot v, \\ \mathbf{r}_B &= \mathbf{r}_O + \mathbf{r}_R \cdot \mathbf{s}_1 \cdot (1 - u) - \mathbf{r}_U \cdot \mathbf{s}_2 \cdot v, \\ \mathbf{r}_C &= \mathbf{r}_O + \mathbf{r}_R \cdot \mathbf{s}_1 \cdot (1 - u) + \mathbf{r}_U \cdot \mathbf{s}_2 \cdot (1 - v), \\ \mathbf{r}_D &= \mathbf{r}_O - \mathbf{r}_R \cdot \mathbf{s}_1 \cdot u + \mathbf{r}_U \cdot \mathbf{s}_2 \cdot (1 - v), \end{aligned}$$

де $\mathbf{r}_O (x_O, y_O, z_O)$ - координати базової точки O білборду, відносно якої здійснюється обертання полігону, $\mathbf{r}_R, \mathbf{r}_U$ - базисні вектори системи координат

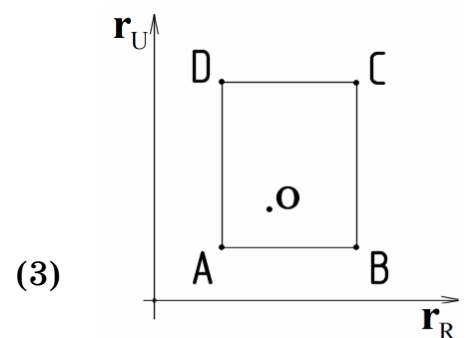


Рис. 1 - Схематичне зображення білборду

білборду, $\mathbf{s}_1, \mathbf{s}_2$ - ширина та висота білборду відповідно, $0 \leq u, v \leq 1$ - керуючі параметри.

Позиціонування білборду у просторі залежить від базової точки O , розташування якої обумовлюється коректним відображенням спеціального ефекту відносно об'єкту сцени. Зміна розташування об'єкту або камери викликає необхідність корегування позиції білборду і зміну базисних векторів. Розмір білборду визначається виходячи з розмірів спеціального ефекту.

Координати ділянки зображення відповідають координатам проєкції білборду на площину екрану та знаходяться за допомогою серії перетворень. Три-

вимірні евклідові координати вершин білборду отримуються за допомогою застосування матриці афінних перетворень та матриці проєціювання:

$$\mathbf{r}_i' = M_{\Pi} M_B \mathbf{r}_i, \quad i = A, B, C, D \quad (4)$$

де $\mathbf{r}_i'$ - перетворені координати вершин білборду, $\mathbf{r}_i$ - вихідні координати вершин білборду, M_{Π} - матриця проєціювання, M_B - видова матриця. Віконні координати вершин білборду визначаються за допомогою масштабування евклідових координат до розміру вікна графічного додатку. На останньому етапі вміст буферу кадру ділянки, яка відокремлена полігоном $ABCD$, зберігається в окремій текстурі. Для моделювання спеціальних ефектів проводиться обробка отриманої текстури за допомогою фрагментного шейдеру. Результуючі пікселі розміщуються на полігоні білборду, який додається до сцени з вихідними координатами $\mathbf{r}_A, \mathbf{r}_B, \mathbf{r}_C, \mathbf{r}_D$.

Алгоритм може бути застосований для візуалізації напівпрозорих об'єктів, наприклад, створення ефекту візерунчастого скла. У такому випадку шукається проєкція координат білборду, що агрегує зображення самого об'єкту. При рендеринзі проводиться попередня ініціалізація буферу трафарету, що дає змогу коректного відображення границь об'єкту. Фінальний рендеринг у буфер кольору проводиться з увімкненою операцією тесту буферу трафарету.

В якості приклада моделювання локалізованого фізичного процесу наведемо візуалізацію конвекційного потоку тепла у повітрі. Промені світла, що проходять через потік, який створюється нагрітим об'єктом, зазнають заломлення завдяки неоднорідній щільності ділянок нагрітого повітря. Для створення ефекту сходження потоку пікселі вихідної текстури (рис.2а) зазнають вертикального зсуву з амплітудою, що отримується за допомогою суми гармонічних функцій:

$$t' = t - (d_1 \cdot \sin(a_1 \cdot time) + d_2 \cdot \sin(a_2 \cdot time) + d_3 \cdot \sin(a_3 \cdot time)), \quad (5)$$

де t' - результуюча компонента текстурних координат (s, t) , t - вихідна компонента текстурних координат, a_1, a_2, a_3 - коефіцієнти періоду осциляції, d_1, d_2, d_3 - коефіцієнти зсуву, $time$ - час.

Коефіцієнти зсуву збережені у заздалегідь побудованій карті зсуву (рис.2б,в), що отримується із застосуванням алгоритму генерації шуму Перліна [6]. Для досягнення ефекту хаотичності для кожного пікселю ставиться одночасно у відповідність три коефіцієнти d_1, d_2, d_3 , що зберігаються у компонентах rgb двовимірної текстури. Параметр $time$ обумовлює швидкість сходження теплового потоку.

Для досягнення високої швидкості рендерингу спеціального ефекту слід ефективно використовувати ресурси графічного конвеєру. Постпроцесінг веде обробку на рівні фрагментів, тобто не генерує додаткової геометрії і, таким чином, не впливає на завантаженість вершинного процесору. Написання фрагментної програми, за якою проводиться обробка зображення, слід проводити з урахуванням особливостей архітектури фрагментного блоку процесору [1]. Використання мов програмування високого рівня, наприклад *GLSL* [5], для реалізації алгоритмів, дає багато переваг, таких як: зручність та швидкість розробки програм обробки зображення, автоматична оптимізація інструкцій, незалежність від графічної платформи.

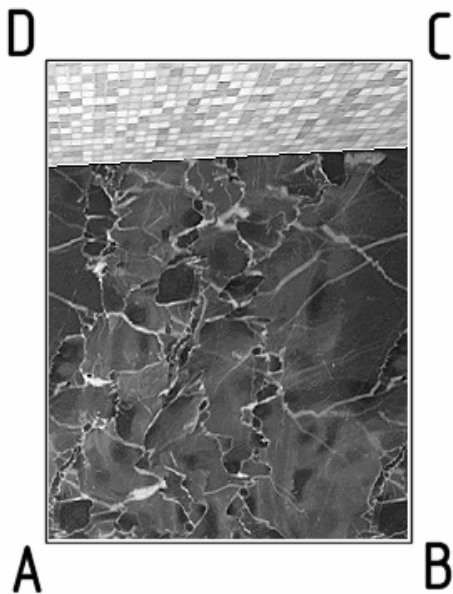


Рис. 2а - Білборд з вихідною текстурою ділянки сцени

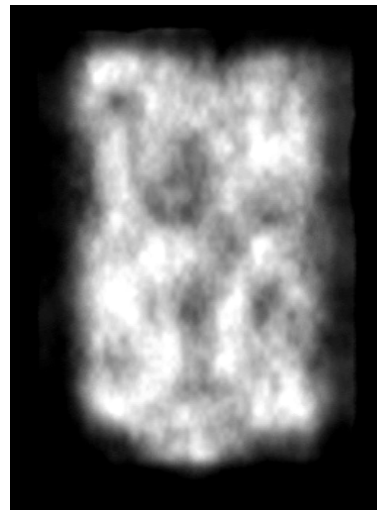


Рис. 2б - Текстура карти зсуву



Рис. 2в - Зображення сцени з візуалізацією карти зсуву

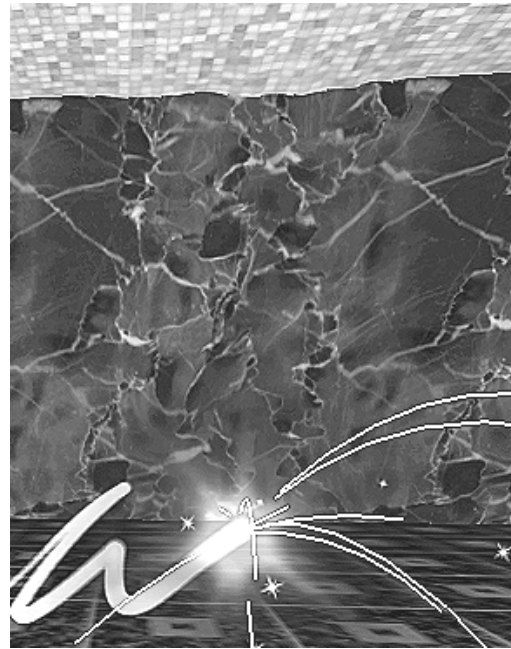


Рис. 2г - Зображення сцени з візуалізацією конвекційного потоку тепла

Висновки. Алгоритм постпроцесінгу ділянки зображення тривимірної сцени дає змогу створення ряду спеціальних ефектів за поданою фрагментною програмою, зображення яких розташовуються навколо будь-якого об'єкту сцени. Розвиток індустрії графічних процесорів диверсифікує можливості обробки зображення у режимі реального часу. Алгоритм може застосовуватись для моделювання напівпрозорих предметів та не спричиняє додаткового навантаження на вершинний блок процесору.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аушева Н.Н., Демчишин А.А. Оптимизация рендеринга трехмерных сцен // Известия Белорусской инженерной академии.- 2005.- №1(19)/1.- С.247-250.
2. Ansari M. Image effects with DirectX 9 Pixel Shaders. // ShaderX2 - Shader Tips and Tricks. Wolfgang E. ed. - Image Space, Wordware Publisher, 2003. - P. 481-518.
3. Green S. Image Processing Tricks in OpenGL // Game Developers Conference. - San Francisco, CA, 2005.- 44 p.
4. Hargreaves S. Non-photorealistic post-processing filters in MotoGP 2 // ShaderX2. - Shader Tips and Tricks. Wolfgang E. ed. - Image Space, Wordwar Publisher, 2003. - P. 469-480.
5. Kessenich J., Baldwin D., Rost R. The OpenGL Shading Language Version 1.10.59. - 3Dlabs, Inc. Ltd., 2004. – 106 p.

6. Perlin K. An Image Synthesizer. // Computer Graphics. – 1985. - 19 (3). - P. 287 - 296.
7. Ramires A. Billboarding tutorial // <http://www.lighthouse3d.com/opengl/billboarding/> - 2001.

Получено 06.04.2006 г.

УДК 004.93

А.М. Ахметшин, Б.С. Бусыгин, В.А. Бойко
**НОВЫЙ МЕТОД ВЫЧИСЛЕНИЯ ИНВАРИАНТНЫХ К
 ВЛИЯНИЮ ПОВОРОТА ХАРАКТЕРИСТИК ИЗОБРАЖЕНИЙ В
 ДЕКАРТОВОЙ
 СИСТЕМЕ КООРДИНАТ**

Постановка проблемы. Проблема определения инвариантных к влиянию поворота характеристик изображений объектов является одной из основных в задачах распознавания образов [1] и компьютерного видения [2]. Для решения этой проблемы было разработано несколько подходов. Один из наиболее распространенных методов базируется на идее вычисления инвариантных к влиянию поворота моментов путем разложения анализируемого изображения $s(x, y)$ в базисе радиальных полиномов Цернике [3].

Анализ последних исследований. Моменты Цернике являются проекциями анализируемой функции $s(x, y)$ на полиномы Цернике

$$z_{nm} = [(n+1)/\pi] \iint_U s(x, y) V_{nm}^*(x, y) dx dy \quad . \quad (1)$$

Полиномы Цернике V_{nm}^* представляют собой неограниченный ряд полиномов ортогональных на единичной окружности $U: x^2 + y^2 \leq 1$ т.е.

$$\iint_U V_{pq}(x, y) V_{nm}^*(x, y) dx dy = \frac{\pi}{n+1} \delta_{pn} \delta_{qm} \quad , \quad (2)$$

при условии, что

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1, i = j, \\ 0, i \neq j. \end{cases}$$

(3)

© А.М. Ахметшин, Б.С. Бусыгин, В.А. Бойко, 2006

Ортогональность моментов Цернике обеспечивает их важное свойство, а именно - амплитуда моментов Цернике является инвариантной к влиянию поворота, что и обуславливает их широкое использование в задачах классификации, как правило бинарных изображений [4]. При вычислении моментов Цернике для данного изображения, его центр принимается точкой начала координат, а координаты пикселей отображаются на сетку, которая соответствует единичному кругу, другими словами, при вычислении моментов используются только те пиксели, для которых выполняется условие $x^2 + y^2 \leq 1$. С прикладной точки зрения это обстоятельство приводит к возникновению двух проблем: поиск центра изображения и необходимость перехода из декартовой системы в полярную систему координат.

Первого недостатка лишен метод преобразования Фурье-Меллина, так же обеспечивающий инвариантность к влиянию поворота анализируемого изображения. Преобразование Фурье-Меллина является спектральным преобразованием вида [5]

$$F(w_x, w_y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} s(e^{\xi}, e^{\eta}) e^{-2i\pi(w_x \xi + w_y \eta)} d\xi d\eta, \quad (4)$$

где $s(e^{\xi}, e^{\eta})$ - начальное изображение, переведенное из декартовой системы координат в полярную.

Нерешенные проблемы. Таким образом, оба метода требуют перехода из декартовой системы, в полярную систему координат.

Соотношение между декартовыми и полярными координатами рассчитывается по формулам:

$$\rho = \sqrt{x^2 + y^2}, \quad \varphi = \arctg(y/x).$$

(5)

Поскольку изображение представляется в пиксельном виде, то переход от декартовой к полярной системе координат вызывает ряд

сложностей. Пиксельное изображение представляет собой матрицу $N \times N$ элементов, которые при превращении в полярную систему координат разбиваются на N секторов и N колец (рис.1). В i -м контуре декартовой системы координат находится $8 \cdot i$ пикселей. Итак, в кольце радиуса i окажется заполненными $8 \cdot i$ секторов, а $N - 8 \cdot i$ останутся не заполненными. Выходом из этой ситуации может явиться соотнесение одного пикселя к нескольким секторам, которые его покрывают (рис.2), но для больших изображений это служит причиной огромного количества вычислений и возможного возникновения артефактов.

Целью данной работы является демонстрация нового, простого и эффективного метода вычисления инвариантных к влиянию поворота характеристик изображений, не требующего ни предварительного определения центра анализируемого изображения, ни перехода в полярную систему координат.

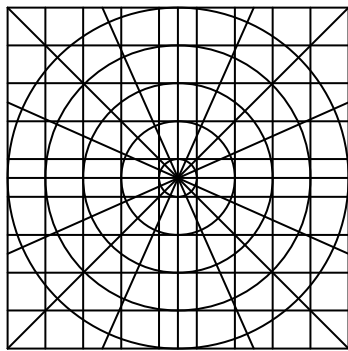


Рис.1 - Разбиение матрицы изображения на кольца и сек-

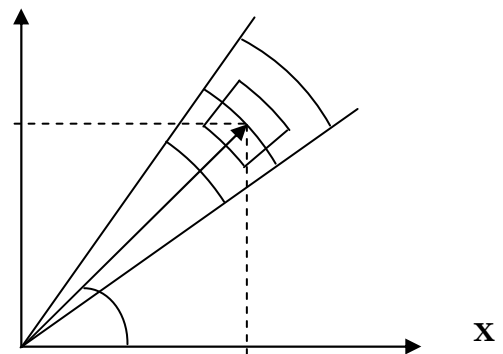


Рис.2 - Представление пикселя в полярной системе координат

Решение проблемы. Новый метод выделения инвариантной к влиянию поворота характеристики изображения базируется на вычислениях в спектральной области и включает в себя два этапа.

1. Вычисляются две спектральные характеристики анализируемого изображения $s(x, y)$ на основе использования преобразования Фурье, но отдельно для координаты x и координаты y , т.е.

$$S(x, f_y) = \int s(x, y) e^{-j2\pi f_y y} dy, \quad (6)$$

$$S(f_x, y) = \int s(x, y) e^{-j2\pi f_x x} dx. \quad (7)$$

2. Вычисление результирующей интегральной спектральной характеристики на основе использования выражения

$$Z(f_x, f_y) = |S(f_x, y) + S(x, f_y)| \quad (8)$$

Здесь необходимо дать качественные пояснения, почему характеристика $Z(f_x, f_y)$ является инвариантной к влиянию поворота изображения. Дело в том, что зависимости $S(x, f_y)$ и $S(f_x, y)$ представляют собой «спектральные катеты», т.е. они зависят от угла ориентации изображения, но зависимость $Z(f_x, f_y)$ представляет собой «спектральную гипотенузу» и, следовательно, не зависит от угла поворота (некоторый аналог теоремы Пифагора, но в спектральной области). На рис.3 представлены результаты численного моделирования на примере простого объекта (рис.3а), дающего, однако, достаточное представление о информационных возможностях нового метода.

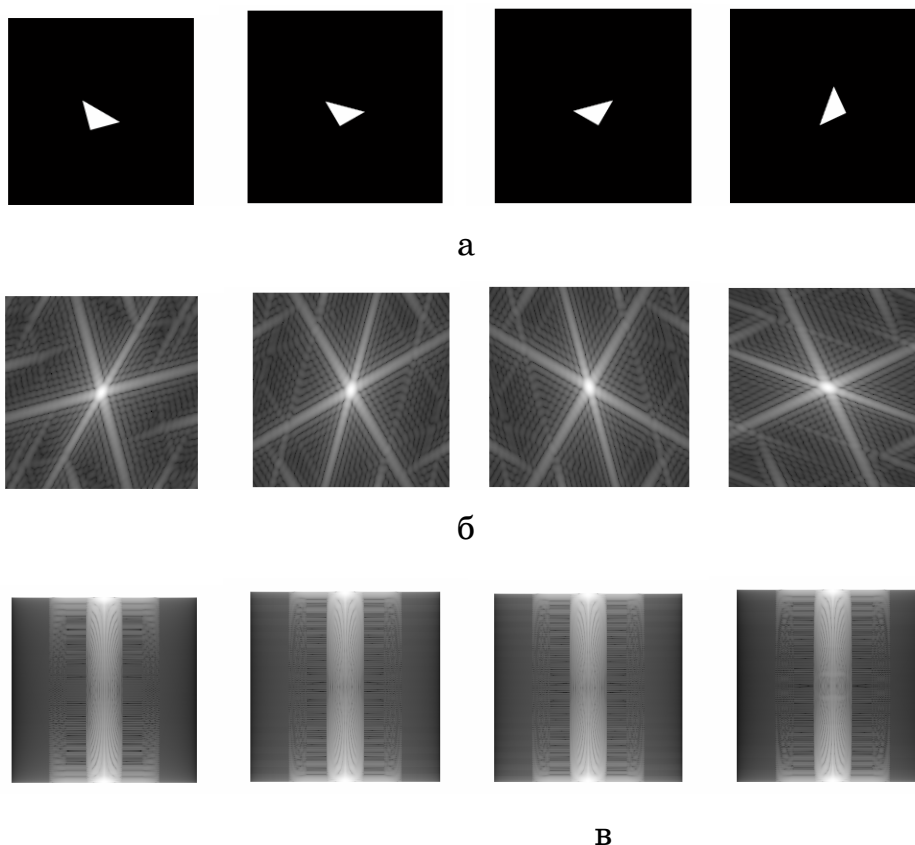


Рис. 3 - Результаты численного моделирования: а – моделируемый объект для углов поворота θ равных 15, 30, 60 и 115 градусов

соответственно; б – энергетический Фурье-спектр $S(f_x, f_y)$; в – $Z_\theta(f_x, f_y)$.

Из рассмотрения $S(f_x, f_y)$ на рис.3б для различных углов ориентации θ видно, что двумерный энергетический Фурье-спектр поворачивается в спектральной плоскости на угол, соответствующий повороту моделируемого объекта, т.е. он не обладает инвариантностью к повороту, тогда как характеристики $Z(f_x, f_y)$ (рис.3в) этой способностью обладают, т.е. они инвариантны.

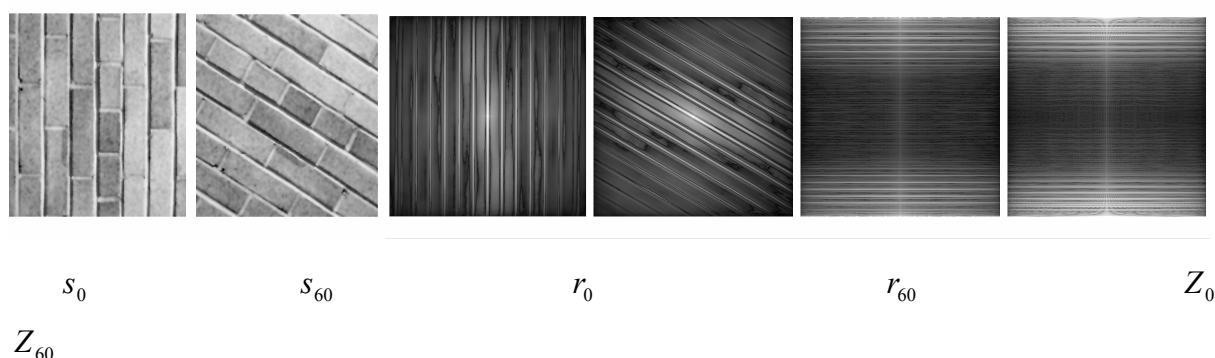


Рис.4. Изображение текстуры и ее соответствующие характеристики.

На рис. 4 показаны текстурные изображения кирпичной кладки для двух углов ориентации, их соответствующие АКФ $r(x, y)$ и спектральные характеристики $Z(f_x, f_y)$ изображений АКФ текстур, из рассмотрения которых (как и в случае численной модели) следует инвариантность новой спектральной характеристики к влиянию поворота АКФ анализируемого изображения.

Выводы. На основании полученных экспериментальных результатов можно сделать следующие выводы.

1. Определена новая спектральная характеристика инвариантная к влиянию поворота анализируемого изображения.

2. Основным достоинством нового спектрального инварианта является отсутствие необходимости перехода к полярной системе координат, поскольку все вычисления совершаются в декартовой системе координат.

3. Метод вычисления инвариантной характеристики является простым и эффективным с вычислительной точки зрения, поскольку

базируется на использовании только алгоритмов быстрого преобразования Фурье.

4. Поскольку инвариантная характеристика вычисляется в спектральной Фурье-области (т.е. все трансформации являются интегральными), то это автоматически исключает необходимость определения центра анализируемого (классифицируемого) объекта в плоскости апертуры анализируемого изображения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Theodoridis S., Koutroumbas K. Pattern Recognition. Second Ed. – Elsevier: Academic Press. – 2003.
2. Форсайт Д., Понс Ж. Компьютерное зрение: современный подход. – М.: Вильямс. – 2004.
3. Wang L., Healey G. Using Zernike moments for the illumination and geometry invariant classification of multispectral texture. IEEE Trans. Image Processing. – Vol. 7 (2), 1998. – P. 196-203.
4. Khotanzag A., Hong U. Invariant image recognition by Zernike moments. IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence. – Vol. 12, 1990. – P.489-497.
5. Применение методов Фурье – оптики / Под ред. Дж. Кейсесента: Пер. с англ. – М.: Радио и связь. – 1988.

Получено 11.03.2006 г.

УДК 515.2

Ю.І.Бадаєв,
О.М.Ковтун

СПЛАЙНИ П'ЯТОГО СТЕПЕНЯ

Постановка проблеми. Поліноміальні сплайни п'ятого степеня досі широко не вивчаються і не застосовуються, найменшою мірою, у вітчизняному виробництві, але дають більші можливості для проектування більш гладких кривих і поверхонь, що є важливим для агрегатів і машин, які працюють у рухомому середовищі, а також мають досить широкі можливості керування формою при зберіганні гладкості другого і вищих порядків.

Аналіз публікацій. В книгах [1,2] детально описуються застосування сплайнів третього степеня. Сплайни вище третього степеня взагалі не вивчаються. Можна вказати лише на статті авторів [3,4]. Із [1,2] можна взяти методи і засоби і застосувати їх для сплайнів вищих степенів.

Цілі статті. Ціллю цієї статті є показати особливості і переваги сплайнів п'ятого степеня.

Основна частина. Поліном п'ятого степеня визначається за формулою:

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + a_4x^4 + a_5x^5. \quad (1)$$

© Ю.І.Бадаєв, О.М.Ковтун, 2006

Є очевидним, що поліном п'ятого степеня повністю визначається шістьма коефіцієнтами, а, значить, шістьма геометричними умовами.

Ці умови можна подати у різних варіантах. Найбільш практичними, на наш погляд, є наступний варіант. Задані дві кінцеві точки, перші та другі похідні в них. У такому вигляді поліном буде мати вигляд:

$$y = \alpha_0(u)y_0 + \alpha_1(u)y_1 + h[\beta_0(u)y_0' + \beta_1(u)y_1'] + h^2[\gamma_0(u)y_0'' + \gamma_1(u)y_1''], \quad (2)$$

де x_0, y_0 – координати початкової точки,

x_1, y_1 – координати кінцевої точки,

y_0', y_1', y_0'', y_1'' – перші і другі похідні в початковій і кінцевій точках,

$$u = (x - x_0) / (x_1 - x_0),$$

$\alpha_i(u), \beta_i(u), \gamma_i(u)$ – функції від параметра u , що дорівнюють:

$$\alpha_0(u) = 1 - 10u^3 + 15u^4 - 6u^5, \quad \alpha_1(u) = 10u^3 - 15u^4 + 6u^5, \quad \beta_0(u) = u - 6u^3 + 8u^4 - 3u^5,$$

$$\beta_1(u) = -4u^3 + 7u^4 - 3u^5,$$

$$\gamma_0(u) = 0.5u^2 - 1.5u^3 + 1.5u^4 - 0.5u^5, \quad \gamma_1(u) = 0.5u^3 - u^4 + 0.5u^5.$$

Продиференціюємо (2) по x . Будемо мати:

$$y_x^n = y_u^n u_x^n = y_u^n / h^n = \{ \alpha_0^n(u)y_0 + \alpha_1^n(u)y_1 + h[\beta_0^n(u)y_0' + \beta_1^n(u)y_1'] + h^2[\gamma_0^n(u)y_0'' + \gamma_1^n(u)y_1''] \} / h^n, \quad (3)$$

де n – похідна відповідного степеня.

На основі застосування формули для поліноміальної кривої п'ятого степеня (2) можна розробити такі варіанти сплайнів п'ятого степеня.

Сплайни із другим порядком гладкості (дефект 3). Щоб задати зазначений вище сплайн, необхідно у заданих точках $i=0, \dots, N$ позначити довільним або адекватним чином перші та другі похідні. На кожній ділянці $i - (i+1)$ буде визначено криву (2) за заданими умовами.

Сплайни із третім порядком гладкості (дефект 2). Підставимо треті похідні в (2) і прирівняємо функції для попередньої і наступної ділянок

Отримаємо систему:

$$\begin{aligned} & 8[h^{(i-1)}]^{-2} y^{(i-1)} + 12\{[h^{(i-1)}]^{-2} - [h^{(i)}]^{-2}\} y^{(i)} - 8[h^{(i)}]^{-2} y^{(i+1)} + \\ & + [h^{(i-1)}]^{-1} y^{(i-1)} - 3\{[h^{(i-1)}]^{-1} + [h^{(i)}]^{-1}\} y^{(i)} + [h^{(i)}]^{-1} y^{(i+1)} = \\ & = -20\{[h^{(i-1)}]^{-3} y^{(i-1)} - ([h^{(i-1)}]^{-3} + [h^{(i)}]^{-3}) y^{(i)} + [h^{(i)}]^{-3} y^{(i+1)}\}, \\ & i = 1, 2, \dots, N-1, \quad h^{(i)} = x^{(i+1)} - x^{(i)}. \end{aligned}$$

(4)

Якщо задати у точках адекватні значення y_i' , то будемо мати систему лінійних рівнянь із трьохдіагональною головною матрицею для визначення у заданих точках других похідних y_i'' . Для розв'язання необхідно дозадати ще дві крайові похідні.

Сплайни із четвертим порядком гладкості. Підставимо четверті похідні і прирівняємо функції (2) для попередньої і наступної ділянок. Матимемо систему:

$$\begin{aligned} & 14[h^{(i-1)}]^{-3} y^{(i-1)} + 16\{[h^{(i-1)}]^{-3} + [h^{(i)}]^{-3}\} y^{(i)} + 14[h^{(i)}]^{-3} y^{(i+1)} + \\ & + 2[h^{(i-1)}]^{-2} y^{(i-1)} - 3\{[h^{(i-1)}]^{-2} - [h^{(i)}]^{-2}\} y^{(i)} - 2[h^{(i)}]^{-2} y^{(i+1)} = \\ & = -30\{[h^{(i-1)}]^{-4} y^{(i-1)} + ([h^{(i-1)}]^{-4} - [h^{(i)}]^{-4}) y^{(i)} + 30[h^{(i)}]^{-4} y^{(i+1)}\}, \\ & i = 1, 2, \dots, N-1, \quad h^{(i)} = x^{(i+1)} - x^{(i)}. \end{aligned}$$

(5)

Для забезпечення повного четвертого порядку гладкості треба розглядати (4) сумісно із (5). Відтак будемо мати:

}

$$\begin{aligned}
& a_{(2i-1)} y^{(i-1)} + b_{(2i-1)} y^{(i-1)} + c_{(2i-1)} y^{(i)} + d_{(2i-1)} y^{(i)} + e_{(2i-1)} y^{(i+1)} + f_{(2i-1)} y^{(i+1)} = g_{(2i-1)}, \\
& a_{(2i)} y^{(i-1)} + b_{(2i)} y^{(i-1)} + c_{(2i)} y^{(i)} + d_{(2i)} y^{(i)} + e_{(2i)} y^{(i+1)} + f_{(2i)} y^{(i+1)} = g_{(2i)}, \\
& i=1, 2, \dots, N-1,
\end{aligned}$$

(6)

де

$$\begin{aligned}
& a_{(2i-1)} = 8[h^{(i-1)}]^{-2}, c_{(2i-1)} = 12\{[h^{(i-1)}]^{-2} - [h^{(i)}]^{-2}\}, e_{(2i-1)} = -8[h^{(i)}]^{-2}, \\
& b_{(2i-1)} = [h^{(i-1)}]^{-1}, d_{(2i-1)} = -3\{[h^{(i-1)}]^{-1} + [h^{(i)}]^{-1}\}, f_{(2i-1)} = [h^{(i)}]^{-1} y^{(i+1)}, \\
& g_{(2i-1)} = -20\{[h^{(i-1)}]^{-3} y^{(i-1)} - ([h^{(i-1)}]^{-3} + [h^{(i)}]^{-3}) y^{(i)} + [h^{(i)}]^{-3} y^{(i+1)}\}, \\
& a_{(2i)} = 14[h^{(i-1)}]^{-3}, c_{(2i)} = 16\{[h^{(i-1)}]^{-3} + [h^{(i)}]^{-3}\}, e_{(2i)} = 14[h^{(i)}]^{-3}, \\
& b_{(2i)} = 2[h^{(i-1)}]^{-2}, d_{(2i)} = -3\{[h^{(i-1)}]^{-2} - [h^{(i)}]^{-2}\}, f_{(2i)} = -2[h^{(i)}]^{-2}, \\
& g_{(2i)} = -30\{[h^{(i-1)}]^{-4} y^{(i-1)} + ([h^{(i-1)}]^{-4} - [h^{(i)}]^{-4}) y^{(i)} + 30[h^{(i)}]^{-4} y^{(i+1)}\}, \\
& h^{(i)} = x^{(i+1)} - x^{(i)}.
\end{aligned}$$

Якщо помножити перше рівняння на $f_{(2i)} / f_{(2i-1)}$ і відняти друге, а також перше помножити на $a_{(2i)} / a_{(2i-1)}$ і відняти друге, то матимемо систему:

$$\left. \begin{aligned}
& A_{(2i-1)} y_0^{(i-1)} + B_{(2i-1)} y_1^{(i-1)} + C_{(2i-1)} y_0^{(i)} + D_{(2i-1)} y_1^{(i)} + E_{(2i-1)} y_0^{(i+1)} = G_{(2i-1)}, \\
& A_{(2i)} y_1^{(i-1)} + B_{(2i)} y_0^{(i)} + C_{(2i)} y_1^{(i)} + D_{(2i)} y_0^{(i+1)} + E_{(2i)} y_1^{(i+1)} = G_{(2i)}, \\
& i=1, 2, \dots, N-1.
\end{aligned} \right\}$$

(7)

Як бачимо, із (7) маємо $2(N-1)$ рівнянь і $2(N+1)$ невідомих y'_i і y''_i . Тому для розрахунку системи необхідно дозадати чотири крайові умови.

Аналіз сплайнів п'ятого степеня. За результатами дослідження можна бачити, що за допомогою сплайнів п'ятого степеня можна без будь-яких труднощів досягти другого порядку гладкості, якщо певним чином розраховувати у вузлових точках перші і другі похідні. Сплайн третього порядку гладкості можна отримати на основі (4.34). Тут бачимо, що якщо адекватним чином розрахувати $y^{(i)}$, то система (4.101) перетворюється у систему із трьохдіагональною перевагою. Причому ця перевага більша, ніж у кубічних сплайнах. Звідси можна зробити висновок, що сплайни п'ятого степеня досягають третій по-

рядок гладкості краще, ніж кубічні сплайни другого порядку гладкості (дивись рис.1).

Сплайн четвертого порядку гладкості забезпечується системою (7). На жаль, аналітично проаналізувати її достатньо складно, тому наведемо тестовий приклад на рис. 4. Із тестового прикладу бачимо, що цей сплайн достатньо стійкий, має затухаючі осциляції, які декілька більші, ніж у кубічного сплайну. Ці сплайни задають другий порядок гладкості. Бачимо, що сплайн п'ятого степеня менш за все утворює осциляції.

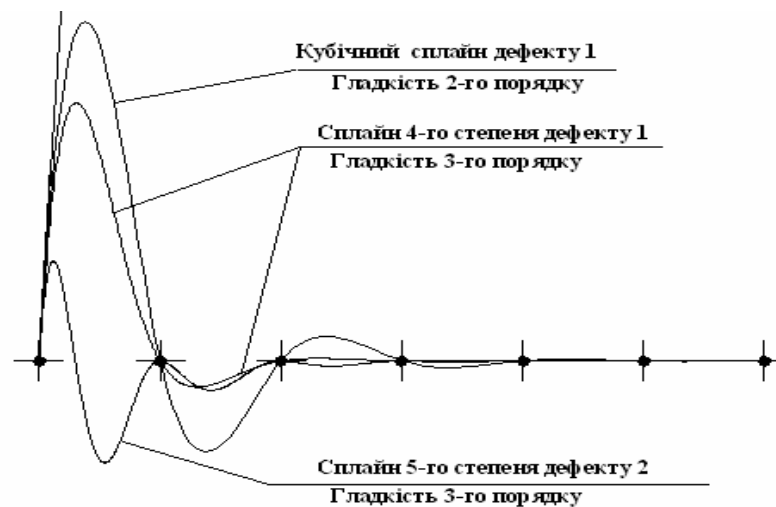


Рисунок 1 - Порівняльний аналіз сплайна 5-го степеня.

Висновки. Сплайн на основі поліному п'ятого степеня дає змогу отримувати локальний сплайн із другим порядком гладкості, що є перевагою перед кубічними сплайнами. Сплайни п'ятого степеня дають змогу отримувати криву до четвертого порядку гладкості включно. При цьому розв'язання необхідних систем лінійних рівнянь в багатьох випадках є стійким і однозначним. При заданні третього і четвертого порядку гладкості сплайни п'ятої степені також мають властивості до затухання небажаних коливань. В порівнянні із сплайнами третього степеня сплайни п'ятого степеня мають ще більший коефіцієнт затухання коливань (осциляцій).

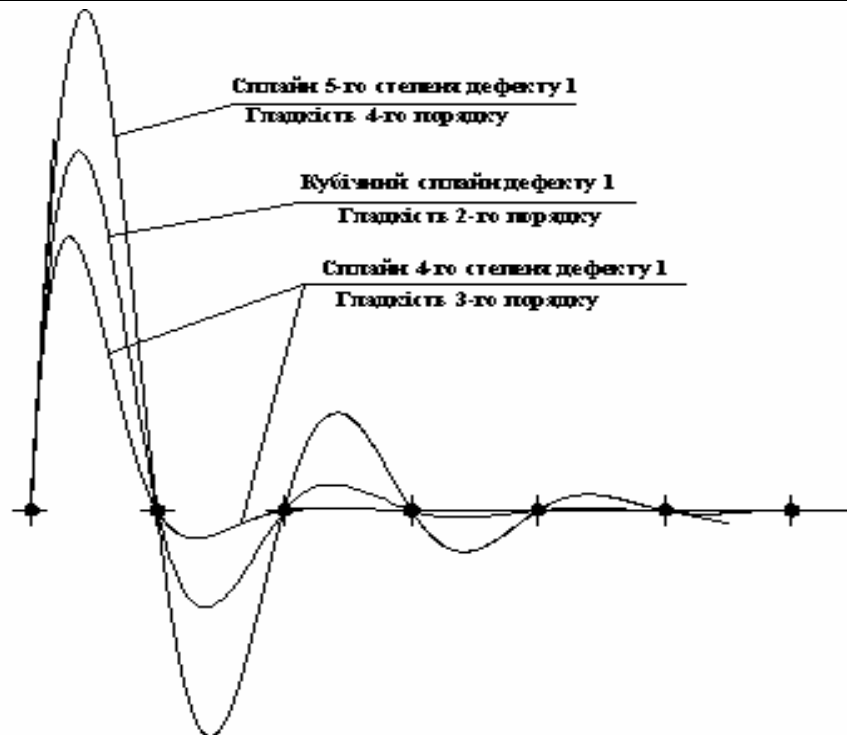


Рисунок 2 - Порівняльний аналіз сплайна 5-го степеня із четвертим порядком гладкості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Стечкин С.Б., Субботин Ю.И. Сплайны в вычислительной математике. - М.: Наука, 1976.- 248с.
2. Завьялов Ю.С. Методы сплайн-функций. - М.:Наука,1990. - 246с.
3. Бадаєв Ю.І., Ковтун О.М. Інтерполяція поліноміальними сплайнами п'ятого степеня. // Проблеми сучасного підручника: Збірник наукових праць – Бердянськ.: БДПУ, 2004. – С. 14-17.
4. Бадаєв Ю.І., Ковтун О.М. Порівняльні характеристики поліноміальних сплайнів третього і четвертого степенів // Прикладна геометрія та інженерна графіка. Праці / Таврійська держ. агротехн. Академія. – Вип 4. - Том 28. - Мелітополь: ТДАТА, 2004. - С. 70-74.

Получено 18.03.2006 г.

С.В.Билецкий, Б.Б.Ситабдиев

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТА «ТЕПЛОВОГО РЕЗОНАНСА» ПРИ КОНСТРУИРОВАНИИ ЖАРОЧНЫХ ШКАФОВ

Постановка проблемы. В теплофизике известен эффект «инерции тепла», объяснить который можно на основе теории солитонов (единичных волн) [1]. По аналогии рассмотрим интерпретацию еще одного физического феномена - «теплового резонанса». Суть его состоит в возможности увеличивать эффективность теплового источника за счет многократной фокусировки на его поверхности тепловых лучей, отраженных от рефлектора. В основу объяснения «теплового резонанса» положено понятие катакаустики.

Анализ последних исследований. Рассмотрим цилиндрическую отражательную систему, состоящую из рефлектора цилиндрической формы и трубчатого ТЭНа, диаметром которого можно пренебречь. Выберем нормальное сечение этой системы. Пусть секущая плоскость снабжена декартовой системой координат Oxy , и на ней заданы отражающая кривая, а также источник тепловых лучей, расположенный в точке S . Как известно [2], процесс отражения лучей, исходящих от источника, сопровождается формообразованием на секущей плоскости огибающей этих лучей, т. е. катакаустики. Отличительной особенностью формы катакаустики является точка возврата (клев). Эксперименты показывают, что отраженная тепловая энергия сосредотачивается преимущественно в точке возврата (на кончике «клюва»). Заметим, что именно этим объясняется возможность «выжигать» отраженными солнечными лучами при помощи вогнутого зеркала. В работе [3] рассмотрен вариант схемы конструкции жарочных шкафов с учетом эффекта «теплового резонанса».

Постановка задачи. Составить программу расчета схемы конструкции цилиндрического отражательного устройства, когда источник тепла «подпитывается» отраженными от рефлектора тепловыми лучами, т.е. когда реализуется «тепловой резонанс».

Основная часть. Пусть отражательная кривая описана уравнением $y=y(x)$, а источник тепловых лучей расположен в точке $S(0, y_s)$. Тогда описание катакаустики имеет вид [3]

© С.В.Билецкий, Б.Б.Ситабдиев, 2006

$$X(x) = \frac{1}{W}(-2x^2 y'^3 + 2y'(-y^2 + 2yy_s - y_s^2) + 4y'^2(xy - xy_s) + 2y''(x^3 + xy^2 + xy_s^2 - 2xyy_s)) ;$$

$$(1)$$

$$Y(x) = -\frac{1}{W}(y_s xy'^3 - 2y^2 + y'^2(y_s^2 - 2x^2 - yy_s) + 3yy_s - y_s^2 + y'(4xy - 3y_s x) + 2y''(y^3 + x^2 y + yy_s^2 - 2y^2 y_s)) ,$$

где $W = 2y''(x^2 + y^2 + y_s^2 - 2yy_s) + (1 + y'^2)(y - y_s - xy')$.

Утверждение. Пусть источник тепловых лучей расположен в точке A . Обозначим через B точку возврата кривой C_A катакаустики. Тогда, если поместить источник лучей в точку B , то точка возврата соответствующей катакаустики C_B совпадет с точкой A . В этом случае точки A и B называем *взаимными*.

На рис. 1 в качестве примера приведены взаимные точки $A(0; 6)$ и $B(0; 1)$ в случае, когда рефлектор имеет форму параболы

$$y = \frac{x^2}{10} - \frac{5}{2}.$$

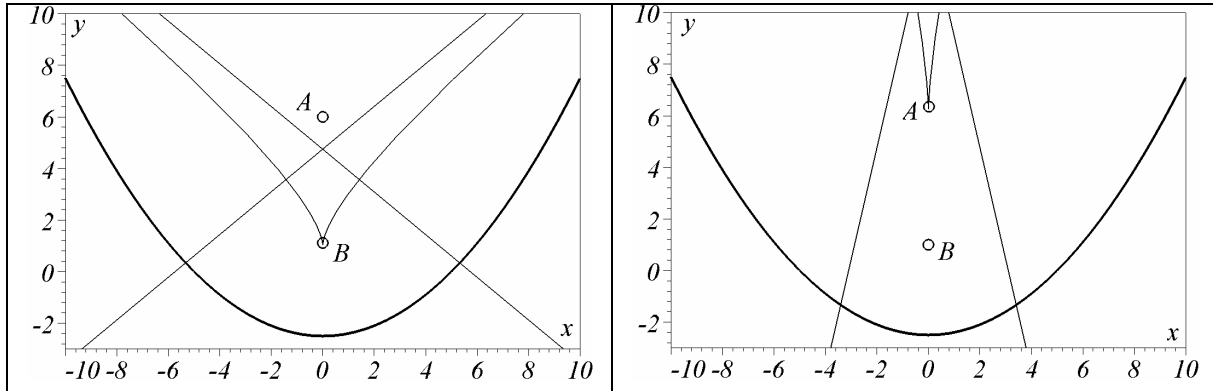


Рисунок 1 - Пример пары взаимных точек $A(0; 6)$ и $B(0; 1)$

Предположим, что взаимные точки совпадают. Тогда в отражающей системе часть тепловой энергии будет как бы «возвращаться» к источнику. В этом случае логично предположить существование «теплового резонанса», поскольку благодаря отражателю часть тепловой энергии источника будет многократно «возвращаться» к этому же источнику.

Утверждение. Для параболы $y = \frac{x^2}{2p} - \frac{p}{2}$ взаимными будут точки

$S(0, y_s)$ и $D\left(0, \frac{p^2}{4y_s}\right)$. Взаимные точки совпадут при $y_s = p / 2$.

Утверждение. Для синусоиды $y = p(1 - \cos x)$ взаимными будут точки с координатами $S(0, y_s)$ и $D\left(0, \frac{y_s}{2py_s - 1}\right)$. Положения взаимных точек совпадут при $y_s = 1 / p$.

Утверждение. Для цепной линии $y = p\left(\operatorname{ch} \frac{x}{p} - 1\right)$ взаимными будут точки $S(0, y_s)$ и $D\left(0, \frac{py_s}{2y_s - p}\right)$. При $y_s = p$ взаимные точки совпадут.

На основе приведенных утверждений можно конструировать жарочные шкафы с одним ТЭНом, главным элементом которых есть отражатель в виде свода [3].

Однако, более эффективными являются конструкции жарочных шкафов, содержащих несколько ТЭНов. На рис. 2 приведена схема нормального сечения одного из них - жарочного шкафа в форме правильного цилиндра с четырьмя трубчатыми ТЭНами (на рис.2 они пронумерованы), расположенными вдоль оси цилиндра с одинаковым угловым шагом (90°).

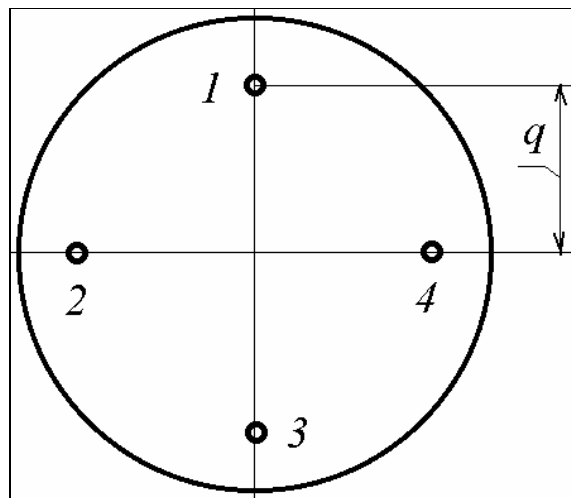
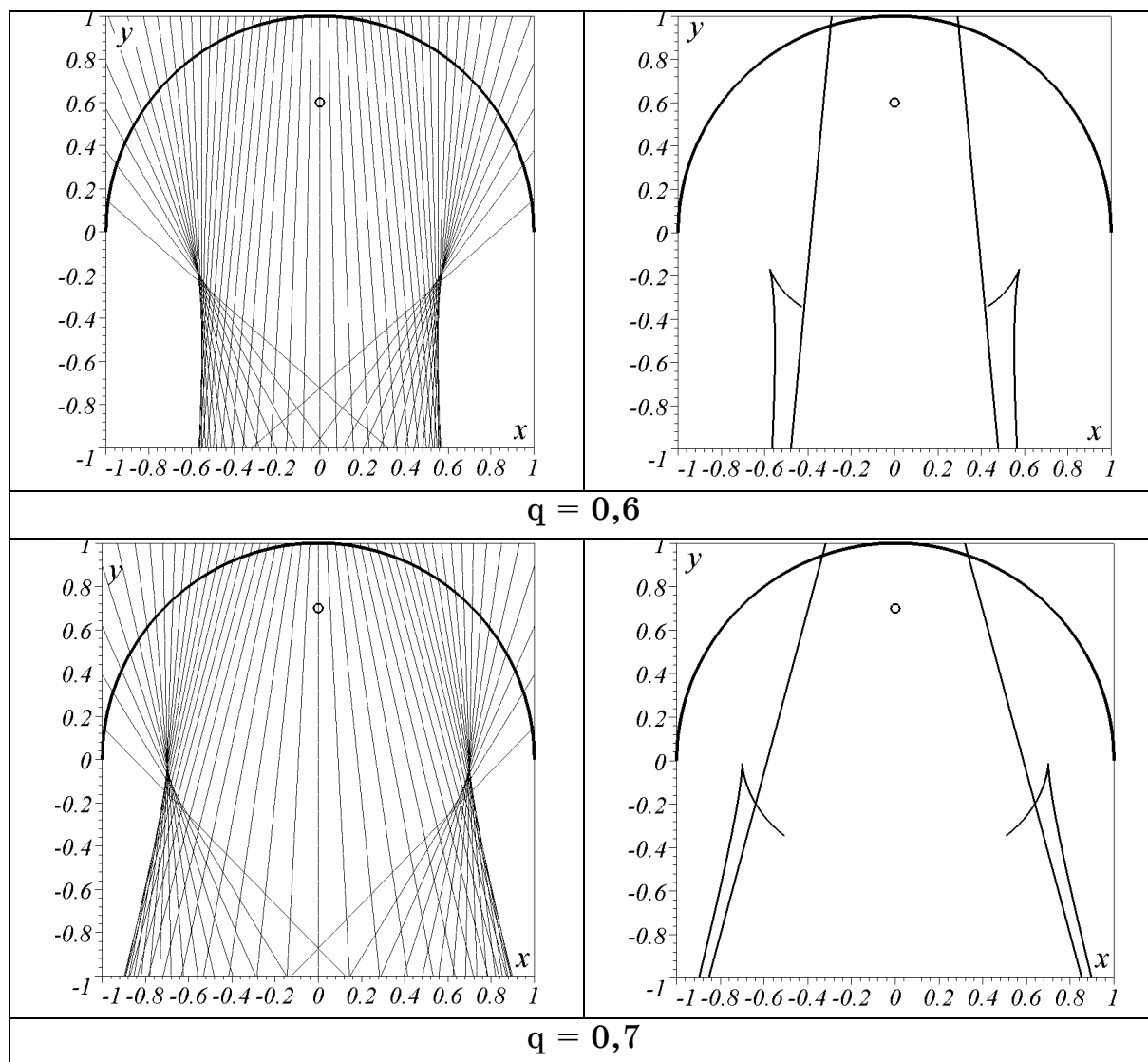


Рис. 2 - Схема жарочного шкафа цилиндрической формы

Пусть размеры жарочного шкафа нормированы так, что радиус цилиндра равен единице. Необходимо определить расположение системы ТЭНов, которое обеспечило бы наиболее экономичный режим работы жарочного шкафа. Для этого следует определить величину q такую, чтобы в отражательной системе реализовался «тепловой резонанс».

Для среды математического процессора Maple была составлена программа, позволяющая строить изображение системы отраженных тепловых лучей, а также на основе формул (1) строить их катакаустики в зависимости от величины q . На рис. 3 приведены примеры выполнения программы в случае, когда излучателем является ТЭН №1 (катакаустики везде изображаются совместно с асимптотами).



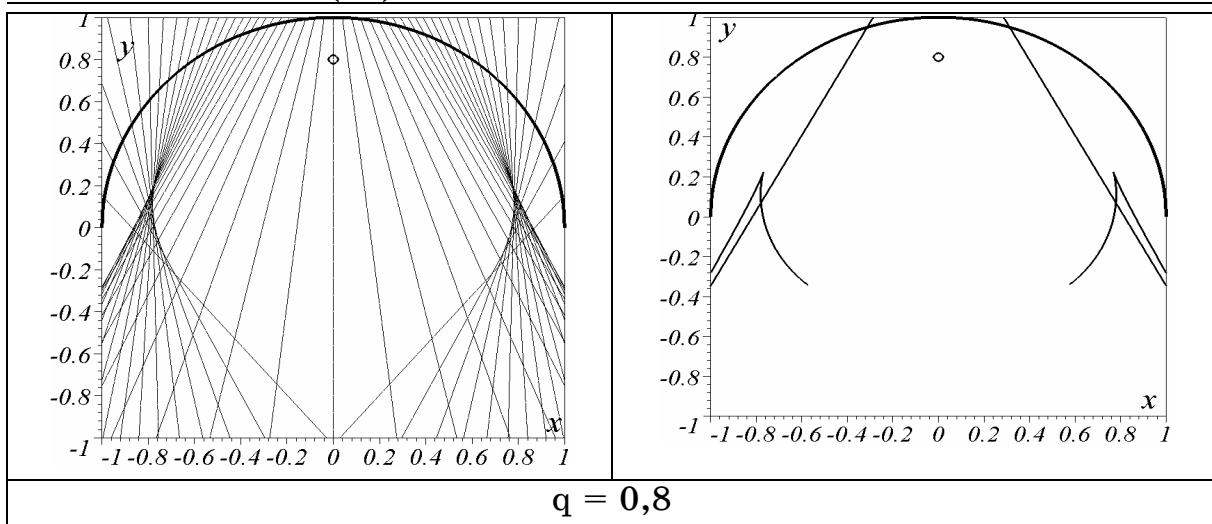


Рисунок 3 - Схемы хода отраженных лучей и их катакаустики в зависимости от величины q

Приведем фрагмент программы построения отраженных лучей:

```

xs := 0:    ys := 0.7:
S := circle([xs, ys], 0.03, thickness=4):
f := t -> sqrt(1 - t^2):
ft := plot(f(t), t=-1..1, thickness=6):
df := diff(f(t), t):
k := ((xs-t) + (ys-f(t))*df(t))/(1 + df(t)^2):
xs1 := t -> 2*t - xs + 2*k:
ys1 := t -> 2*f(t) - ys + 2*k*df:
for i from 0 to 50 do
t := -0.99 + 1.98*i/50:
otr := (x,y) -> (x-xs1(t))*(f(t)-ys1(t)) -
              (t-xs1(t))*(y-ys1(t)):
implicitplot(otr(x,y), x=-1..1, y=-0.3..1):

```

В ходе проведения компьютерных экспериментов было установлено, что при $q = 0,7$ точки возврата катакаустики для ТЭНа № 1 совпадают с положением ТЭНов № 2 и № 4. Точки возврата катакаустики расположены на оси Ox и отстоят от начала координат на расстоянии $q = 0,7$. Аналогично, в силу круговой симметрии, это выполняется и для других троек ТЭНов.

Выводы. Наиболее экономичным жарочный шкаф цилиндрической формы единичного радиуса будет тогда, когда четыре ТЭНа расположены вдоль оси цилиндра с угловым шагом 90° , и каждый на расстоянии $0,7$ ед от оси.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новиков С.П. Теория солитонов: метод обратной задачи. - М.: Наука, 1980. - 230 с.
2. Підгорний О.Л., Куценко Л.М. Опис подери, ортотоміки і катакаустики як елементів відбивальної системи // Труды / Таврическая государственная агротехническая академия.- вып. 4, том 10.- Мелитополь: ТГАТА, 1999 - с.14-18
3. Тормосов Ю.М. Лебединец И.В. Принципы построения жарочных шкафов с учетом эффекта «теплового резонанса» // Проблемы пожарной безопасности. Харьков: Фолио, 2002. Вып. 12. - С. 170-174.

Получено 10.03.2006 г.

УДК 515.2

В.Д. Борисенко, І.В. Устенко, С.А. Устенко

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ЛОПАТКОВИХ АПАРАТІВ ОСЬОВИХ ТУРБІН

Постановка проблеми та її зв'язок з важливими науковими і практичними завданнями. Важливим і одним з найбільш трудомістких етапів у проектуванні турбінних ступенів є профілювання їх лопаткових апаратів. Для задоволення всіх різноманітних, часто суперечливих вимог, проектувальникам доводиться розглядати велику кількість варіантів профілів, тобто займатися випадковим пошуком оптимального варіанта.

Незважаючи на значний досвід розробки та створення досконалих турбін, бурхливий, особливо останніми роками, розвиток відповідних комп'ютерних методів проектування та конструювання, все ж таки можна констатувати, що технологія проектування турбін ще не стала технологією в звичайному розумінні, тобто не стала набором універсальних правил. Вона залишається заручницею мало передбачуваного шляху інженерного пошуку найкращого технічного рішення. Все це в повному обсязі відноситься і до лопаткових апаратів турбін, які є найважливішими компонентами цих широко поширених у транспортній та стаціонарній енергетиці теплових двигунів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останніми роками опубліковано кілька монографій, наприклад [1-3], присвячених

розв'язанню актуальних питань газодинамічних розрахунків та автоматизованого проектування осьових турбін різного цільового призначення. Загальні підходи до розробки автоматизованих систем проектування викладені в роботі [4]. Створення проточних частин осьових турбін, що формуються кількома ступенями рухомих і нерухомих вінців, є складним проектно-конструкторським завданням, вирішення якого розбивається на кілька етапів, пов'язаних з геометричним моделюванням решіток профілів, форма яких істотно залежить від способу закрутки лопаток по висоті проточної частини, газодинамічними розрахунками з використанням одно-, двох- і тривимірних моделей течії робочої речовини, а також розрахунків на міцність.

© В.Д. Борисенко, І.В. Устенко, С.А. Устенко, 2006

Часто геометричне моделювання і газодинамічні розрахунки здійснюються паралельно, що істотно скорочує час на вирішення задачі.

Формулювання цілей статті. Метою цієї статті є подальший розвиток методів геометричного моделювання лопаткових апаратів турбін і розрахунків течії робочої речовини в решітках профілів, що їх формують, та поєднання геометричних і газодинамічних розрахунків в єдиний обчислювальний процес. Розроблене програмне забезпечення придатне для подальшого його включення до відповідних модулів системи автоматизованого проектування лопаткових апаратів осьових турбін.

Викладення основного матеріалу дослідження. Проектування лопаткових апаратів газотурбінних двигунів є складною багатоплановою задачею. Для її розв'язання необхідне використання математичних, газодинамічних, міцнісних та геометричних моделей різного рівня. При практичній реалізації розв'язання подібної задачі розбивається на кілька етапів. Принциповою особливістю при цьому є те, що на кожному етапі передбачається оптимізація одержуваних результатів, що може здійснюватися як простим перебором варіантів, так і на основі застосування спеціальних математичних методів пошуку екстремуму.

На першому етапі проектування решіток профілів турбін осьового типу передбачає безпосереднє геометричне моделювання решітки профілів на параметри, які визначаються за результатами розрахунку

одновимірної течії робочої речовини. У першу чергу це відноситься до кутів входу і виходу потоку. Цьому питанню в літературі приділено достатньо уваги [5–9]. Автори робіт застосовують різноманітні криві (еліпси, овали Ламе, модифіковані лемніскати Бернуллі, гіперболічні спіралі, степеневі параметричні функції Бартіні та інші) для подання обводів спинки і коритця профілю. Оскільки це питання висвітлене в літературі в достатній мірі, то в цій статті воно спеціально не розглядається.

На другому етапі проектування лопаткових апаратів осьових турбін виконується розрахунок двовимірної течії, що дозволяє побудувати епюри розподілу швидкостей по спинці і коритцю профілю та знайти кути виходу потоку із решітки, а це є підставою для уточнення значень висот лопаток на виході із соплових і робочих вінців.

Розглянемо потенційну течію нестисливої робочої речовини в плоскій решітці профілів. Розрахунок такої течії дозволяє отримувати розподіл швидкостей по контуру профілю та кути виходу потоку із решіток профілів довільної товщини. При цьому вважаються відомими форма профілю, кут його установки, крок решітки та кут входу потоку, тобто є наявними вихідні дані характерні для прямої задачі гідродинамічної теорії решіток аеродинамічних профілів. Маючи епюру швидкостей потенційного обтікання можна розрахувати пограничний шар, визначити втрати енергії в решітці, знайти термогазодинамічні параметри.

Розрахунки плоскої решітки не дозволяють врахувати деякі особливості дійсної течії в лопатковому апараті, але вони дають можливість відпрацьовувати лопаткові профілі в порівняльній постановці задачі.

Розподіл швидкостей течії по контуру профілю можна знайти, розв'язавши інтегральне рівняння, записане відносно комплексної швидкості $w(z) = u - iv$.

Згідно з [10] комплексна швидкість у площині течії подається інтегралом Коші, яке для решітки профілів має вигляд:

$$w(z) = 2w_0 e^{-i\beta_0} + \frac{1}{it} \oint_C w(\zeta) K(z - \zeta, t) d\zeta. \quad (1)$$

Тут точка $z = x + iy$ – координата контуру C , в якій розраховується швидкість; $\zeta = \xi + i\eta$ – комплексна змінна по контуру профілю; t – крок решітки; $K(z - \zeta, t)$ – ядро інтегрального рівняння, яке визнача-

ється залежністю:

$$K(z - \zeta, t) = \operatorname{cth} \left[\frac{\pi}{t} (z - \zeta) \right].$$

Середня швидкість у нескінченності розраховується наступним чином:

$$w_{\infty} = w_0 e^{-i\beta_0} - (w_1 e^{-i\beta_1} + w_2 e^{-i\beta_2}) / 2,$$

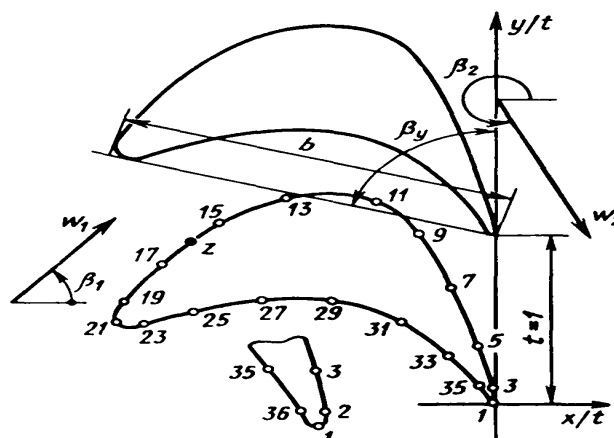
де w_1, w_2 – модулі швидкості потоку в нескінченності перед решіткою та за нею; β_1, β_2 – кути течії на вході і виході із решітки, відповідно.

Розташування профілів у решітці при розрахунку потенційної течії показано на рис. 1.

Координати профілів задаються у відносному вигляді шляхом ділення їх реальних значень на величину кроку решітки. Відлік кутів течії від осі x/t виконують у напрямку протилежному обертанню годинникової стрілки. Згідно з умовою непротікання контуру профілю можна записати:

$$w(z) = W(z) e^{-i\beta(z)},$$

де $W(z)$ – алгебраїчна швидкість, яка має знак плюс або мінус в залежності від того, збігається напрямок вектора швидкості з позитивним обходом контуру (проти годинникової стрілки) чи ні; $\beta(z)$ – кут, орієнтований в позитивному напрямку між віссю x/t і дотичною до контуру профілю в довільній точці z .



Скористаємося параметричним завданням контуру профілю у наступному вигляді:

$$\begin{aligned}\zeta(\theta) &= \xi(\theta) + i\eta(\theta), \quad \theta \in [0, 2\pi]; \\ z(\varepsilon) &= x(\varepsilon) + iy(\varepsilon), \quad \varepsilon \in [0, 2\pi].\end{aligned}\quad (2)$$

Елемент дуги контуру профілю подається виразом:

$$d\zeta(\theta) = e^{i\beta(\theta)}\Omega(\theta)d\theta, \quad (3)$$

де $\Omega(\theta) = \sqrt{\xi'^2(\theta) + \eta'^2(\theta)}$; $\xi'(\theta) = d\xi(\theta)/d\theta$; $\eta'(\theta) = d\eta(\theta)/d\theta$.

Рівняння (1) з урахуванням (2) і (3) після перетворень набуде вигляду:

$$W(\varepsilon)e^{i\beta(\varepsilon)} = \frac{1}{it} \int_0^{2\pi} W(\theta)\Omega(\theta)K(z(\varepsilon) - \zeta(\theta), t)d\theta + 2w_0e^{-i\beta_0}. \quad (4)$$

Помноживши обидві частини рівняння (4) на $e^{i\beta(\varepsilon)} = [x'(\varepsilon) + iy'(\varepsilon)]/\Omega(\varepsilon)$ і відокремивши дійсну частину в інтегральному рівнянні від мнімої, після алгебраїчних перетворень одержимо:

$$W(\varepsilon)\Omega(\varepsilon) = \int_0^{2\pi} W(\theta)\Omega(\theta)K(\varepsilon, \theta)d\theta + F(\varepsilon), \quad (5)$$

де

$$F(\varepsilon) = 2u_1x'(\varepsilon) + (v_1 + v_2)y'(\varepsilon). \quad (6)$$

У виразі (6) під u_1 , v_1 і v_2 розуміють

$$\begin{aligned}u_2 &= u_1 = w_1 \cos \beta_1; \\ v_1 &= w_1 \sin \beta_1; \quad v_2 = w_2 \sin \beta_2.\end{aligned}$$

Ядро рівняння можна подати наступним чином

$$K(\varepsilon, \theta) = -[a_1x'(\varepsilon) + a_2y'(\varepsilon)],$$

де

$$a_1 = \frac{\sin(2\pi\psi)}{\operatorname{ch}(2\pi\varphi) - \cos(2\pi\psi)}; \quad a_2 = \frac{\operatorname{sh}(2\pi\varphi)}{\operatorname{ch}(2\pi\varphi) - \cos(2\pi\psi)}.$$

У цих виразах під φ і ψ розуміють

$$\varphi = [x(\varepsilon) - \xi(\theta)]/t; \quad \psi = [y(\varepsilon) - \eta(\theta)]/t.$$

Ядро інтегрального рівняння має особливість, яка усувається в точці $\varepsilon = \theta$:

$$\lim_{\varepsilon \rightarrow \theta} K(\varepsilon, \theta) = \frac{1}{2\pi r} = \frac{1}{2\pi} \frac{\xi'\eta'' - \eta'\xi''}{\xi'^2 + \eta'^2},$$

де r – радіус кривини кривої в точці $\square$.

Для однозначного розв'язання рівняння (5) необхідно визначити величину циркуляції швидкості

$$\Gamma = \int_0^{2\pi} W(\theta)\Omega(\theta)d\theta.$$

При числовому розв'язанні задачі контур профілю розбивають на N ділянок і заміняють інтеграл у виразі (5) кінцевою сумою за формулою методу числового інтегрування, наприклад методу прямокутників. У результаті отримують систему з N лінійних алгебраїчних рівнянь:

$$W(\varepsilon_k)\Omega(\varepsilon_k) = \sum_{l=1}^N W(\theta_l)\Omega(\theta_l)K(\varepsilon_k, \theta_l)\Delta\theta + F(\varepsilon_k), \quad l = 1, 2, \dots, N.$$

Таким чином, інтегральне рівняння (5) приведено до системи N алгебраїчних рівнянь вигляду $Ax = y$, для розв'язання якої можна застосувати, наприклад метод Краута.

За розглянутим підходом розроблено програму розрахунків розподілу швидкостей по обводах профілів лопаток осевих турбін. Деякі результати розрахунків за цією програмою наведено на рис. 2–4. Слід зразу ж відзначити, що епюри швидкостей мають чисто ілюстративний характер. По осі абсцис на графіках відкладено відносну довжину обводу профілю, починаючи з його спинки, по осі ординат – відносну швидкість течії робочої речовини.

Ліворуч від графіків розподілу швидкостей показано по три профілі, побудовані із застосуванням методу, викладеному в роботі [8], практично за тими ж самими значеннями вихідних даних, що визначають форму профілів.

Дані, показані на рис. 2, відображають вплив кута установки профілів у решітці. Верхній і нижній профілі побудовані з варіюванням цього кута

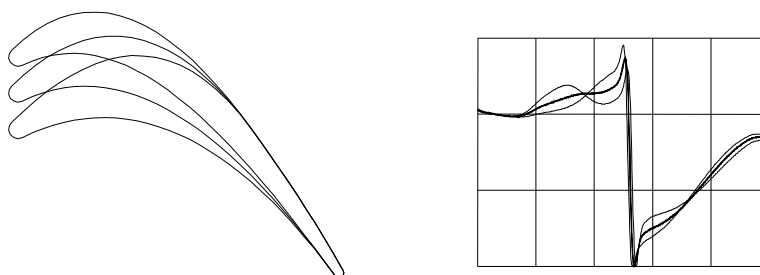


Рисунок 2

відносно його значення, що відповідає середньому профілю. Епюру швидкостей для цього профілю показано товстою лінією. Як впливає з цих графічних даних, епюри швидкостей для цих трьох профілів відрізняються. Найгірший їх характер відповідає профілю з меншим кутом установки, бо для цього профілю, за умови забезпечення заданого кута входу потоку, спинка має обвід з більшою зміною кривини. Різка зміна цієї диференціальної характеристики кривої призводить до відповідної зміни епюр швидкостей. Коливання швидкостей по обводу профілю сприяє відриву потоку і провокує збільшення втрат енергії робочої речовини.

Графічні результати, наведені на рис. 3 і 4, побудовані за тим же принципом що й на рис. 2. Вони відображають вплив осьової протяжності решітки (рис. 3) та горла міжлопаткового каналу (рис. 4).

Висновки та перспективи розвитку. В роботі розглянуто підходи до розрахунку течії робочої речовини в решітках осьових турбін, профілі яких моделюються на раніше запропонованих їх геометричних моделях. Подальший розвиток цієї роботи пов'язаний з удосконаленням методу розрахунку потенційної течії робочої речовини шляхом врахування її стисливості та доповнення його розрахунком пограничного шару на профілі з метою визначення втрат енергії в решітці.

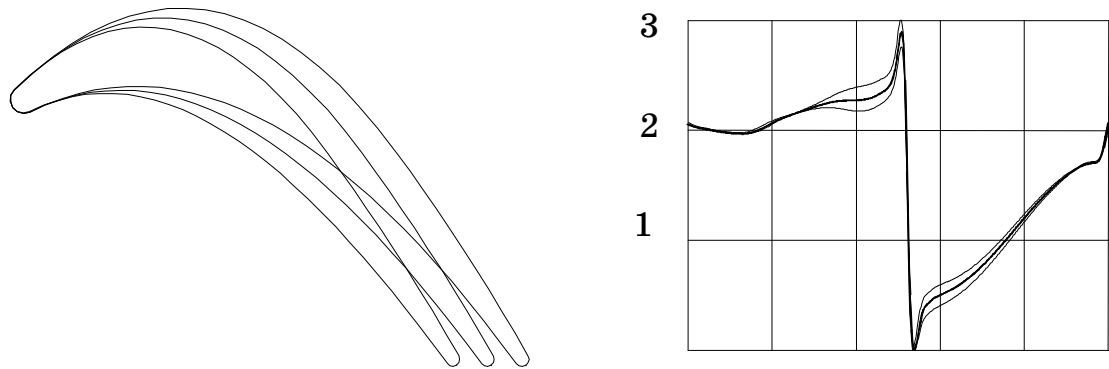


Рис. 3

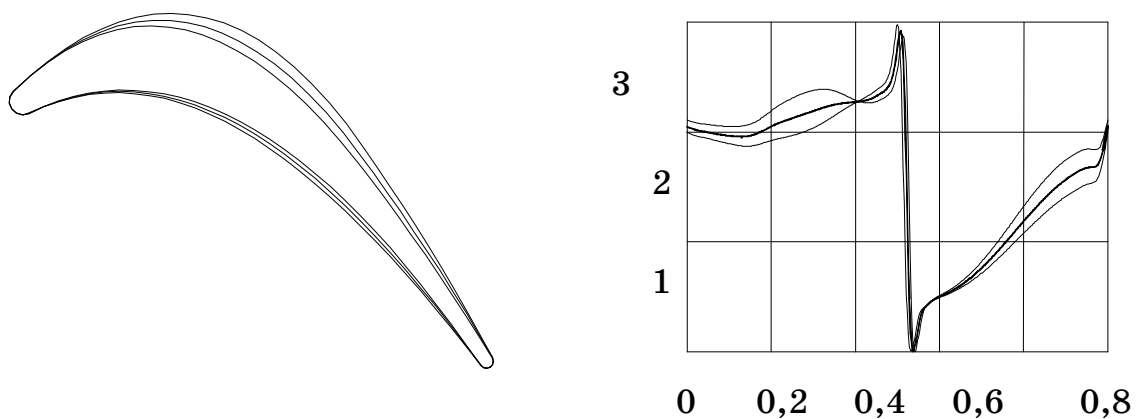


Рис. 4

ЛІТЕРАТУРА

1. Аэродинамический расчет и оптимальное проектирование проточной части турбомашин / А.В. Бойко, Ю.Н. Говорущенко, С.В. Ершов и др. – Харьков: НТУ "ХПИ", 2002. – 356 с.
2. Романов В.И., Кирзнер Ф.И. Реверсивные газовые турбины. – СПб.: Судостроение, 1992. – 152 с.
3. Стоянов Ф.А. Оптимальное автоматизированное проектирование проточных частей осевых турбин. – К.: Наукова думка, 1989. – 176 с.
4. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 360 с.
5. Аронов Б.М., Жуковский М.И., Журавлев В.А. Профилирование лопаток авиационных газовых турбин. – М.: Машиностроение, 1975. – 192 с.
6. Борисенко В.Д., Куклина О.Ю., Устенко С.А. Геометрическое моделирование профилей лопаток турбин // Збірник наукових праць №

3 (369). – Миколаїв: УДМТУ. – 2000. – С. 103–111.

7. Борисенко В.Д., Устенко С.А. Геометричне моделювання лопаток осьових турбін // Збірник наукових праць № 1 (373). – Миколаїв: УДМТУ. – 2001. – С. 70–82.

8. Борисенко В.Д., Устенко С.А. Профілювання лопаток осьових турбін // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – К.: КНУБА, 2001. – С. 63–66.

9. Левенберг В.Д., Борисенко В.Д., Гильмутдинов Л.А. Аналитическое профилирование турбинных решеток для системы автоматизированного проектирования. – Николаев: НКИ, 1980. – 52 с.

10. Самойлович Г.С. Гидроаэромеханика. – М.: Машиностроение, 1980. – 280 с.

Получено 19.03.2006 г.

УДК 515.2:621.83

И.А.Бочарова

ИНТЕРАКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЕЙ ЗУБЬЕВ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Постановка проблемы. Зубчатые передачи всегда были неотъемлемой частью различной продукции машиностроительного комплекса. Поэтому задачи, связанные с усовершенствованием, ускорением процесса создания новых передач являются актуальными.

Анализ основных исследований и публикаций. В работе [1] рассмотрено современное состояние теории зацеплений и предложен новый метод образования профилей зубьев. В работе [2] разработан автоматизированный способ формирования сопряженных криволинейных поверхностей и его применение к оценке состояния режущей кромки инструмента. В работе [3] рассмотрен вопрос автоматизации процесса формирования геометрических моделей винтовых криволинейных поверхностей.

© И.А.Бочарова, 2006

Анализируя состояние и направление работ, по исследованию цилиндрических зубчатых передач, можно сделать вывод о возрастающей в последние годы интенсивности работ в этом направлении, о

научном интересе к определению путей повышения характеристик зубчатых передач.

Формулировка цели статьи (постановка задачи). Используя средства компьютерной техники, можно не только получать и анализировать форму профиля, но и управлять формой исходного контура производящей поверхности прямо на мониторе. В предыдущих работах этот вопрос не рассматривался. Поэтому целью статьи является разработка аппарата интерактивного управления формой кривых, описывающих рабочие участки зубьев колес цилиндрических передач, а так же формой линии зацепления в зависимости от целенаправленного изменения исходного контура производящей поверхности реечного типа.

Основная часть. Рассмотрим нарезание цилиндрических зубчатых передач общего вида инструментом реечного типа. Исходный контур режущего инструмента может быть задан произвольной кривой, например, эвольвентой, дугой окружности, циклоидой или любой гладкой кривой. В качестве такой кривой выберем кривую Безье третьего порядка. Если задать продольную форму зуба плоской кривой, произвольно расположенной в пространстве, то уравнение обобщенной производящей поверхности будет иметь вид:

$$\begin{aligned}x_n &= f_1(\lambda, x_0, x_1, x_2, x_3); \\y_n &= y_n(\mu) + f_2(\lambda, y_0, y_1, y_2, y_3) \cos \beta; \\z_n &= z_n(\mu) - f_2(\lambda, y_0, y_1, y_2, y_3) \sin \beta.\end{aligned}\tag{1}$$

где $f_1(\lambda, x_0, x_1, x_2, x_3)$, $f_2(\lambda, y_0, y_1, y_2, y_3)$ – произвольные, необходимое число раз дифференцируемые функции;

$$f_1(\lambda, x_0, x_1, x_2, x_3) = (1-\lambda)^3 x_0 + 3(1-\lambda)^2 \lambda x_1 + 3(1-\lambda) \lambda^2 x_2 + \lambda^3 x_3;$$

$$f_2(\lambda, y_0, y_1, y_2, y_3) = (1-\lambda)^3 y_0 + 3(1-\lambda)^2 \lambda y_1 + 3(1-\lambda) \lambda^2 y_2 + \lambda^3 y_3.$$

Здесь x_0, y_0, x_3, y_3 , x_1, y_1, x_2, y_2 – координаты опорных точек P_0, P_3 и управляющих точек P_1, P_2 кривой Безье; λ – переменная величина; $y_n(\mu)$, $z_n(\mu)$ – необходимое число раз дифференцируемые функции по аргументу μ ; λ и μ – переменные величины; β – угол наклона зубьев.

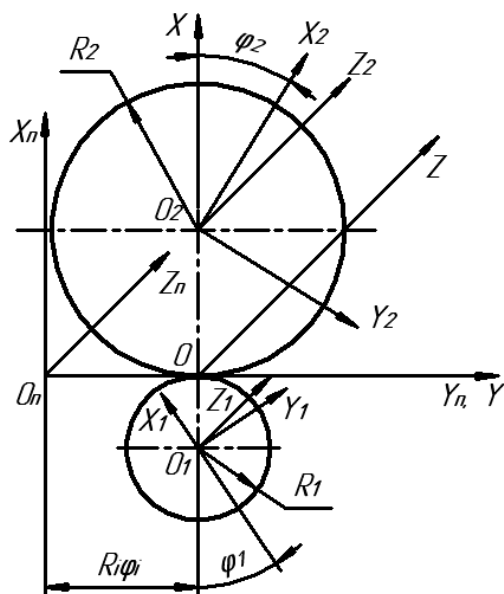


Рис. 1 - Системы координат

Для исследования станочного зацепления, т.е. зацепления инструментальной рейки с нарезаемым колесом, введем дополнительные системы координат (рис. 1): S_1 - система координат, связанная с ведущим зубчатым колесом (шестерней); S_2 - система координат, связанная с ведомым зубчатым колесом; S - неподвижная система координат.

Начальный цилиндр заготовки перекачивается по начальной плоскости производящей поверхности. Плоскость $Y_nO_nZ_n$ является начальной плоскостью рейки, плоскость YOZ совпадает с плоскостью $Y_nO_nZ_n$, при этом ось OZ совпадает с полюсной прямой. Ось OY совпадает с осью O_nY_n . Плоскость YOX проходит через среднее торцевое сечение передачи. Оси O_1Z_1 и O_2Z_2 являются осями вращения нарезаемых колес и параллельные оси OZ . R_1 и R_2 - радиусы начальных цилиндров, а φ_1 и φ_2 - углы поворота шестерни и колеса. В дальнейшем индексом «1» будем обозначать элементы, которые относятся к шестерне, индексом «2» - элементы, которые относятся к колесу. При повороте заготовки на угол φ_i производящая поверхность переместится на величину $R_i\varphi_i$.

Переход от одной системы координат к другой будем осуществлять матричным способом. Для выполнения поставленных целей нам понадобятся следующие матрицы перехода:

- матрица перехода от системы координат S_n к S будет иметь вид:

$$M_{0n} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -R_i\varphi_i \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}; \quad (2)$$

- матрица перехода от системы координат S к S_i :

$$M_{i0} = \begin{pmatrix} \cos \varphi_i & \mp \sin \varphi_i & 0 & \pm R_i \cos \varphi_i \\ \pm \sin \varphi_i & \cos \varphi_i & 0 & R_i \sin \varphi_i \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}; \quad (3)$$

- обратная матрица перехода от системы координат S_i к S_n :

$$M_{ni} = \begin{vmatrix} \cos \varphi_i & \pm \sin \varphi_i & 0 & \mp R_i \\ \mp \sin \varphi_i & \cos \varphi_i & 0 & R_i \varphi_i \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}; \quad (4)$$

- производная матрицы (3) по параметру φ_i :

$$\frac{dM_{in}}{d\varphi_i} = \begin{vmatrix} -\sin \varphi_i & \mp \cos \varphi_i & 0 & \pm R_i \varphi_i \cos \varphi_i \\ \pm \cos \varphi_i & -\sin \varphi_i & 0 & R_i \varphi_i \sin \varphi_i \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}. \quad (5)$$

Здесь $i=1$ для шестерни, $i=2$ для колеса; верхний знак соответствует шестерни, нижний – колесу.

Применяя матрицу (2) для преобразования координат поверхности (1), получаем в неподвижной системе координат S уравнение производящей поверхности в параметрическом виде:

$$\begin{aligned} x &= f_1(\lambda, x_0, x_1, x_2, x_3); \\ y &= y_n(\mu) + f_2(\lambda, y_0, y_1, y_2, y_3) \cos \beta - R_i \varphi_i; \\ z &= z_n(\mu) - f_2(\lambda, y_0, y_1, y_2, y_3) \sin \beta. \end{aligned} \quad (6)$$

Уравнение станочного зацепления производящей поверхности с нарезаемым колесом [4]:

$$F_i = \bar{V}^{ni} \cdot \bar{e}_n = 0, \quad (7)$$

где $\bar{V}^{ni}$ – относительная скорость в станочном зацеплении производящей поверхности с нарезаемым колесом [5], $\bar{e}_n$ – единичный вектор нормали.

Относительная скорость в станочном зацеплении производящей поверхности с нарезаемым колесом определяется по формуле:

$$\bar{V}^{ni} = M_{ni} \frac{dM_{in}}{d\varphi_i} \bar{r}_n, \text{ где } \bar{r}_n - \text{уравнение производящей поверхности в общем виде. Единичный вектор нормали:}$$

$$e_{xn} = -\sin \alpha; \quad e_{yn} = \cos \alpha \cos \beta; \quad e_{zn} = -\cos \alpha \sin \beta, \quad (8)$$

где α – профильный угол инструмента:

$$\sin \alpha = \frac{f_2'(\lambda, y_0, y_1, y_2, y_3)}{\sqrt{\left[f_1'(\lambda, x_0, x_1, x_2, x_3)\right]^2 + \left[f_2'(\lambda, y_0, y_1, y_2, y_3)\right]^2}};$$

$$\cos \alpha = \frac{f_1'(\lambda, x_0, x_1, x_2, x_3)}{\sqrt{\left[f_1'(\lambda, x_0, x_1, x_2, x_3)\right]^2 + \left[f_2'(\lambda, y_0, y_1, y_2, y_3)\right]^2}}.$$

где $f_1'(\lambda, x_0, x_1, x_2, x_3) = 3(1-\lambda)^2(x_1 - x_0) + 6(1-\lambda)\lambda(x_2 - x_1) + 3\lambda^2(x_3 - x_2)$,
 $f_2'(\lambda, y_0, y_1, y_2, y_3) = 3(1-\lambda)^2(y_1 - y_0) + 6(1-\lambda)\lambda(y_2 - y_1) + 3\lambda^2(y_3 - y_2)$ -
 производные функций $f_1(\lambda, x_0, x_1, x_2, x_3)$ и $f_2(\lambda, y_0, y_1, y_2, y_3)$ по λ .

Учитывая (4), (5) и (1) имеем:

$$\bar{V}^{ni} = [\mp y_n(\mu) \mp f_2(\lambda, y_0, y_1, y_2, y_3) \cos \beta \pm R_i \varphi_i] \cdot \bar{i} \pm f_1(\lambda, x_0, x_1, x_2, x_3) \cdot \bar{j}. \quad (9)$$

Подставляя в (7) значения (8) и (9), получаем уравнение поверхности станочного зацепления в виде:

$$F_i = [\pm y_n(\mu) \pm \Omega_2 \cos \beta \mp R_i \varphi_i] \cdot \sin \alpha = 0, \quad (10)$$

где $\Omega_2 = \Omega_1 + f_2(\lambda, y_0, y_1, y_2, y_3)$; $\Omega_1 = \frac{f_1(\lambda, x_0, x_1, x_2, x_3) f_1'(\lambda, x_0, x_1, x_2, x_3)}{f_2'(\lambda, y_0, y_1, y_2, y_3)}$.

Уравнения (6) и (10) определяют поверхность станочного зацепления, т.е. геометрическое место точек, в которых происходит контакт производящей поверхности и нарезаемой поверхности. Если исключить из этих уравнений один из параметров, например φ_i , то получим уравнение поверхности станочного зацепления в параметрическом виде:

$$x = f_1(\lambda, x_0, x_1, x_2, x_3); y = -\Omega_1 \cos \beta; z = z_n(\mu) - f_2(\lambda, y_0, y_1, y_2, y_3) \sin \beta. \quad (11)$$

При $z = \text{const}$ уравнения (11) определяют линию станочного зацепления в торцевой плоскости.

Для того, чтобы определить уравнения поверхностей зубьев нарезаемых колес необходимо представить уравнения поверхности станочного зацепления в системах координат S_1 и S_2 . для этого необходимо воспользоваться матрицей перехода M_{i0} (3), тогда уравнения (11) в системе координат S_i будет равным:

$$\begin{aligned} x_i &= [f_1(\lambda, x_0, x_1, x_2, x_3) \pm k_i] \cos \varphi_i \pm \Omega \cos \beta \sin \varphi_i; \\ y_i &= [k_i \pm f_1(\lambda, x_0, x_1, x_2, x_3)] \sin \varphi_i - \Omega_1 \cos \beta \cos \varphi_i; \\ z_i &= z_n(\mu) - f_2(\lambda, y_0, y_1, y_2, y_3) \sin \beta. \end{aligned} \quad (12)$$

При $\beta = 0$ получим уравнение прямозубой цилиндрической передачи.

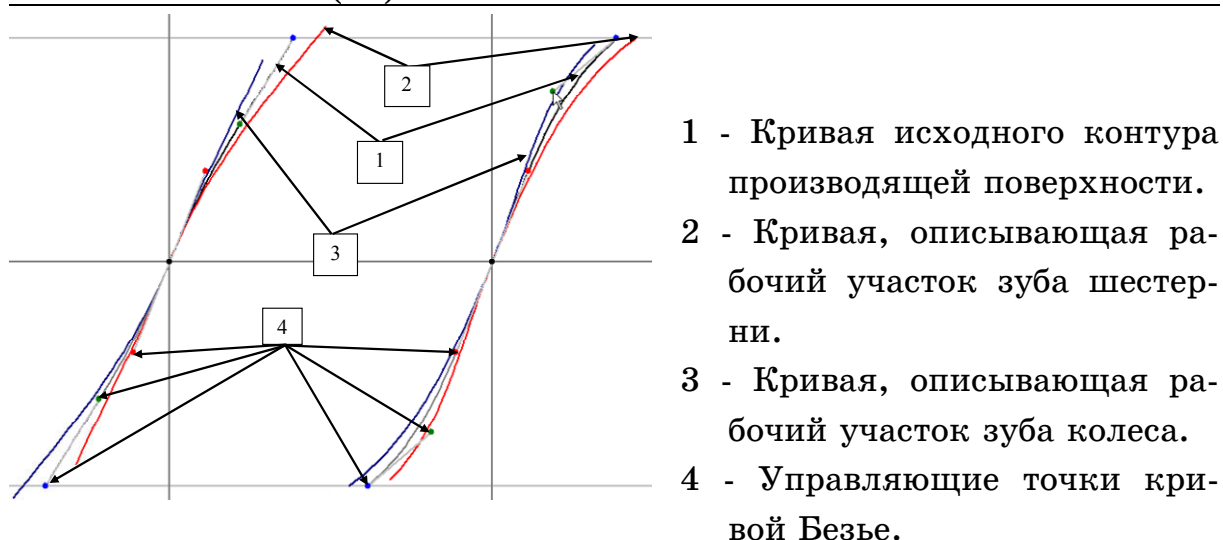


Рисунок 2

Используя приведенную выше методику, была разработана программа «Синтез», которая позволяет с помощью курсора, непосредственно на экране монитора, управлять: геометрией исходного контура производящей поверхности, формой рабочих участков кривых, описывающих зубья шестерни и колеса в нормальном сечении, формой линии зацепления, которая представляет собой геометрическое место точек контакта шестерни, колеса и производящей поверхности реечного типа в заданном сечении. На рис.2 показана копия экрана монитора с соответствующими пояснениями. На этом рисунке видно, что при изменении кривой исходного контура производящей поверхности 1 с помощью управляющих точек 4 кривой Безье, происходит изменение кривых, описывающих рабочий участок зубьев шестерни и колеса. На рис.3 показано три положения кривых, полученных в процессе обкатки шестерни, колеса и производящей поверхности.

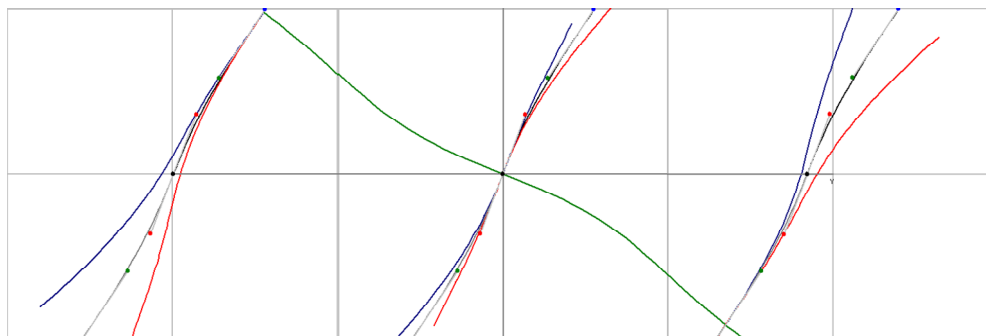


Рисунок 3

Выводы. Получены функциональные зависимости для определения уравнения производящей поверхности станочного зацепления, на основе которых разработан аппарат интерактивного управления формой кривых, описывающих рабочие участки зубьев колес цилиндрических передач, а так же формой линии зацепления в зависимости от целенаправленного изменения исходного контура производящей поверхности реечного типа. Результаты работы можно использовать при разработке методики синтеза зубчатых передач.

ЛИТЕРАТУРА

3. Павлов А.И. Современная теория зубчатых зацеплений. – Харьков: ХНАДУ, 2005. – 100 с.
4. Иванова И.С. Геометрическое моделирование сопряженных поверхностей и автоматизированный контроль состояния инструмента: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. 05.01.01/Мелитополь. 2002. – 19 с.
5. Павлычко А.В. Комплексное геометрическое моделирование сопряженных не линейчатых поверхностей без интерференции на базе современной компьютерной технологии: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. 05.01.01/Мелитополь. 2003. – 19 с.
6. Литвин Ф.Л. Теория зубчатых зацеплений. - М.: Наука, 1968. – 584 с.
7. Дусев И.И. Связь между геометрическими и кинематическими параметрами высшей кинематической пары // Изв. Северо-Кавказского научного центра высшей школы. – 1973. - №3. – С. 28-32.

Получено 17.03.2006 г.

В.В. Ванін, М.С. Гумен, О.М. Гумен

ВИРАЖЕННЯ РІВНЯНЬ РАЦІОНАЛЬНИХ БАГАТОВИДІВ У ПАРАМЕТРИЧНІЙ ФОРМІ

Розглядається конструювання та дослідження рівнянь раціональних багатovidів, поданих у параметричній формі, у внутрішній неевклідовій проєктивній системі координат з наведенням конкретних прикладів.

Постановка проблеми. Багатovidи у прикладній багатовимірній геометрії використовуються як геометричні моделі залежностей між багатьма змінними самої різної фізичної природи. При цьому важливою умовою до конструйованого багатovidу є вимога одержати вираз моделі у математичній формі, зручній для використання на комп'ютері. Однією з найзручніших вважається подача залежностей між змінними у вигляді раціональних функцій у параметричній формі. Тому проблема зводиться до моделювання багатопараметричних залежностей раціональними багатovidами з рівняннями у параметричній формі. Як один із можливих підходів до розв'язання цієї проблеми є дослідження раціональних багатovidів у внутрішній проєктивній системі координат, що й розглядається у даній роботі.

Аналіз останніх досліджень. Взагалі багатovidи використовуються багатьма дослідниками як геометричні моделі в різних галузях народного господарства. Серед різноманітних методів дослідження багатovidів зустрічаємо і внутрішню систему координат для побудови 3-вимірної геометрії у праці [1]. Раціональні поверхні і криві лінії використовуються у методах проектування поверхонь літальних апаратів [2 - 4]. Узагальненням раціональних кривих і поверхонь до раціональних багатovidів у внутрішній координатній неевклідовій проєктивній системі присвячені праці [5- 12].

© В.В. Ванін, М.С. Гумен, О.М. Гумен, 2006

Формулювання цілей статті. Ціллю статті є одержання рівнянь раціональних багатовидів у параметричній формі шляхом розгляду їх у внутрішній проєктивній неевклідовій системі координат та узагальнення раніше одержаних результатів у попередніх працях.

Основна частина. Перед тим, як досліджувати багатовид у внутрішній неевклідовій системі координат, розглянемо спочатку узагальнення n -вимірному лінійного простору з прямокутною системою координат $Ox_1...x_n$ до проєктивного нелінійного. Перехід від декартових до однорідних проєктивних координат $u_1, \dots, u_{n+1}$ може бути виражений такими відношеннями:

$$x_1 = \frac{u_1}{u_{n+1}}, \quad x_2 = \frac{u_2}{u_{n+1}}, \dots, \quad x_n = \frac{u_n}{u_{n+1}}.$$

Таким чином, для кожної точки простору можна вкласти однопараметричну сукупність із $n+1$ чисел $tu_1, tu_2, \dots, tu_{n+1}$, де t – довільний параметр; $u_1, u_2, \dots, u_{n+1}$ – конкретні числа, відношення яких до u_{n+1} дорівнюють декартовим координатам $x_1, x_2, \dots, x_n$, та одиниці, оскільки $u_{n+1} : u_{n+1} = 1$. Числа $u_1, u_2, \dots, u_{n+1}$ називаються проєктивними координатами точки.

Вектори точок проєктивного лінійного простору у векторній параметричній формі можна записати у вигляді:

$$\mathbf{r} = \frac{\sum_{i=1}^{n+1} a_i \mathbf{r}_i u_i}{\sum_{i=1}^{n+1} a_i u_i}, \quad (1)$$

де $\mathbf{r}_i$ – радіуси-вектори каркасних точок; a_i – змінні коефіцієнти; u_i – біжучі однорідні параметри.

Якщо тепер перейти від проєктивної координатної системи лінійного проєктивного простору до системи координат у нелінійному просторі, то рівнянню (1) відповідатиме аналогічне рівняння в нелінійному проєктивному просторі у вигляді:

$$\mathbf{r} = \frac{\sum_{i=1}^{n+1} a_{ij} \mathbf{r}_{ij} u_{ij}}{\sum_{i=1}^{n+1} a_{ij} u_{ij}}, \quad j = 1, \dots, m. \quad (2)$$

Структура запису індексів при коефіцієнтах рівняння (2) така, що вони вказують, біля добутку яких змінних параметрів u_{ij} вони розміщені. Це дозволяє подати коефіцієнти рівняння (2) у вигляді тензорів:

$$\begin{aligned} A &= |a_{ij} \mathbf{r}_{ij}|; \\ B &= |a_{ij}|, \quad i = 1, \dots, n+1; \quad j = 1, \dots, m. \end{aligned} \quad (3)$$

Параметри u_{ij} рівняння (2) будуть однорідними, якщо сума показників у них стала для всіх складових рівняння. Простір з відношеннями (2) є нелінійним проєктивним і ототожнюється з багатовидом, порядок якого дорівнює валентності m тензорів (3), що визначається, у свою чергу, сумою показників однорідних параметрів u_{ij} у одному із складових чисельника чи знаменника рівняння (2). При цьому ранг тензорів (3) на одиницю більший за розмірність простору, а число компонентів тензорів дорівнює $(n+1)^m$, де m – валентність тензорів.

Нехай тепер маємо деякий k -багатовид як проєктивний неевклідовий простір, що у внутрішній системі координат записується рівнянням:

$$\mathbf{r} = \frac{\sum_{in=0}^k u_{in\dots} \sum_{il=0}^k a_{in\dots il} r_{in\dots il} u_{il}}{\sum_{in=0}^k u_{in\dots} \sum_{il=0}^k a_{in\dots il} u_{il}}, \quad (4)$$

де k – розмірність багатовиду; n – алгебраїчний порядок багатовиду; $u_0, \dots, u_k$ – змінні однорідні параметри; $\mathbf{r}_{in\dots il}$ – радіуси-вектори каркасних точок; $a_{in\dots il}$ – коефіцієнти рівнянь у відповідних каркасних точках.

У охоплюючому просторі дотична гіперплощина до багатовиду (4) у точці $(u_0, \dots, u_k)$ буде мати рівняння у вигляді:

$$\mathbf{r} = \frac{\sum_{in=0}^k \bar{u}_{in} \sum_{i(n-1)=0}^k \bar{u}_{i(n-1)} \sum_{il=0}^k a_{in...il} r_{in...il} u_{il}}{\sum_{in=0}^k \bar{u}_{in} \sum_{i(n-1)=0}^k \bar{u}_{i(n-1)} \sum_{il=0}^k a_{in...il} u_{il}}, \quad (5)$$

де: $\bar{u}_{in...}$ - змінні однорідні параметри.

Якщо тепер у (5) будемо виражати змінні параметри $\bar{u}_0, \dots, \bar{u}_k$ у функції деяких нових змінних, то одержимо сімейства похідних підбагатовидів. Так, наприклад, для випадку 3-багатовиду у 4-вимірному охоплюючому просторі одержуємо рівняння

$$\mathbf{r} = \frac{\sum_{i2=0}^3 u_{i2} \sum_{il=0}^3 a_{i2il} r_{i2il} u_{il}}{\sum_{i2=0}^3 u_{i2} \sum_{il=0}^3 a_{i2il} u_{il}}, \quad (6)$$

де u_{i1}, u_{i2} - змінні однорідні параметри; r_{i2il} - радіуси-вектори каркасних точок; a_{i2il} - коефіцієнти рівняння у відповідних каркасних точках.

Рівняння дотичної гіперплощини до 3-багатовиду (6) має вигляд

$$\mathbf{r} = \frac{\sum_{i2=0}^3 \bar{u}_{i2} \sum_{il=0}^3 a_{i2il} r_{i2il} u_{il}}{\sum_{i2=0}^3 \bar{u}_{i2} \sum_{il=0}^3 a_{i2il} u_{il}}, \quad (7)$$

де $\bar{u}_{i1}, \bar{u}_{i2}$ - змінні однорідні параметри.

Якщо тепер у (7) параметри $\bar{u}_{i1}, \bar{u}_{i2}$ виразити як функції деяких змінних, то одержимо сімейства похідних підбагатовидів.

Як бачимо, розглянутий підхід до конструювання і дослідження рівнянь раціональних багатовидів дозволяє одержувати неперервні сімейства підбагатовидів потрібних розмірностей і алгебраїчних порядків у вигляді параметричних дробово-раціональних рівнянь.

Висновки та перспективи. Розглянуте трактування раціональних багатовидів як нелінійних проєктивних просторів дозволяє максимально спростити алгоритм конструювання їх рівнянь у вигляді, прийнятному для використання комп'ютерів, та являється універсальним для багатовидів різних розмірностей і алгебраїчних порядків. У

перспективі запропонований підхід як універсальний знайде своє практичне застосування при дослідженнях багатопараметричних систем у різних галузях знань.

ЛІТЕРАТУРА

1. Скотт П. Геометрия на трехмерных многообразиях / Пер. с англ. С.К. Ландо: Под. ред. В.И. Арнольда, ред. А.Н. Колмогоров, С.П. Новиков. - М.: Мир, 1986. - 163 с.
2. Надолинный В.А. Основы теории проективных рациональных поверхностей / Автореф. дис. докт. техн. наук. - М., 1989. - 30 с.
3. Надолинный В.А. Аналитические методы в конструировании поверхностей // Учебное пособие для слушателей ФПК. – К.: КПИ, 1981. – 43с.
4. Надолинный В.А. Методические указания по курсу „Геометрические методы построения некоторых кривых линий и поверхностей” для студентов и слушателей Межотраслевого института повышения квалификации кадров по новым направлениям развития техники и технологии – К.: КПИ, 1991. – 36 с.
5. Гумен М.С., Гумен О.М. Багатовимірний неевклідовий проективний простір як узагальнення евклідового // Доклады первой научно-практической конференции “Геометрическое и компьютерное моделирование: энергосбережение, экология, дизайн”. Сб. научн. тр. – К.: КНУТД, 2004. – С. 78-81.
6. Гумен О.М. Внутрішня проективна система координат раціональних багатовидів // Прикл. геом. та інж. графіка: Зб. наук. пр. - Мелітополь: ТДАТА, 2004. – Вип.4. – Т.28. - С.104 -108.
7. Гумен О.М. Дослідження рівнянь багатовидів у проективній системі координат // Геометричне та комп'ютерне моделювання: Зб. наук. пр. – Харків: ХДУХТ, 2004. – Вип.7. - С. 107-113.

8. Гумен О.М. Дослідження k -багатовидів за координатними m -підбагатовидами ($m \times k$) // Прикл. геом. та інж. графіка: Зб. наук. пр. – Мелітополь: ТДАТА, 2005. — Вип. 4. – Т. 29. - С. 69 -72.
9. Гумен О.М. Дослідження раціонального 3-багатовиду 4-вимірного афінного простору у внутрішній проєктивній системі координат // Геометричне та комп'ютерне моделювання: Зб. наук. пр. – Харків: ХДУХТ, 2005. – Вип. 11. – С.105-109.
10. Гумен О.М. До конструювання раціональних багатовидів як неевклідових проєктивних просторів // Прикл. геом. та інж. графіка: Зб. наук. пр. – К.: КНУБА, 2005. – Вип. 75. - С.136-142.
11. Гумен О.М. Раціональні 3-багатовиди 2-го та 3-го порядків з рівнянням у параметричній формі // Прикл. геом. та інж. графіка: Зб. наук. пр. – Мелітополь: ТДАТА, 2005. – Вип. 4. – Т.30. - С.80-84.
12. Гумен О.М. Раціональні криві і поверхні 2-го і 3-го порядків як окремі випадки багатовидів // Доповіді Другої Кримської науково-практичної конференції “Геометричне та комп'ютерне моделювання: енергозбереження, екологія, дизайн”. – К.: КНУТД, 2005. – С. 66-70.

Получено 21.03.2006 г.

УДК 515.2:621.83

Воронцов Б.С., Чаплинская Т.Н.

ПРОИЗВОДЯЩАЯ ПОВЕРХНОСТЬ РЕЕЧНОГО ТИПА С ИЗМЕНЯЕМОЙ ПРОДОЛЬНОЙ ФОРМОЙ ЗУБА

Постановка проблемы. Современные компьютерные технологии позволяют решать целый ряд задач повышения качества, надежности, экономичности и производительности различных машин и механизмов еще на стадии технологической подготовки производства.

Наибольшее распространение в приводах машин имеют цилиндрические передачи с параллельными осями. При совершенствовании зубчатых приводов машин с такими передачами перспективным является использование цилиндрических передач с арочной и двояково-выпукло-вогнутой продольной формой зубьев.

Анализ основных исследований и публикаций. Вопросам совершенствования процесса формообразования и инструментов с использованием компьютерных технологий посвящена работа [1]. Работы [2], [3] посвящены развитию теории зубчатых зацеплений на современном этапе. В работе [4] рассматриваются вопросы повышения нагрузочной способности передач с арочными, а в работе [5] с двояковыпукло-вогнутыми зубьями.

Формулировка цели статьи (постановка задачи). Продольная форма зубьев цилиндрических зубчатых колес зависит от производящей поверхности, на основании которой создается зуборезный инструмент.

© Воронцов Б.С., Чаплинская Т.Н., 2006

Поэтому целью данной работы является разработка математического аппарата для оперативного интерактивного изменения продольной формы производящей поверхности реечного типа.

Основная часть. Для получения уравнения обобщенной производящей поверхности введем систему координат S_n (рис. 1). Плоскость $Y_n O_n Z_n$ совпадает с начальной плоскостью производящей поверхности. Пусть в системе координат $X_n Y_n Z_n$ задана кривая, которая определяет продольную форму зубьев производящей поверхности. Уравнение этой кривой в общем виде:

$$\bar{r}_n(\mu) = x_n(\mu) \bar{i} + y_n(\mu) \bar{j} + z_n(\mu) \bar{k} \quad (1)$$

где μ – переменная величина; $x_n(\mu)$, $y_n(\mu)$, $z_n(\mu)$ – необходимое число раз дифференцируемые функции по аргументу μ .

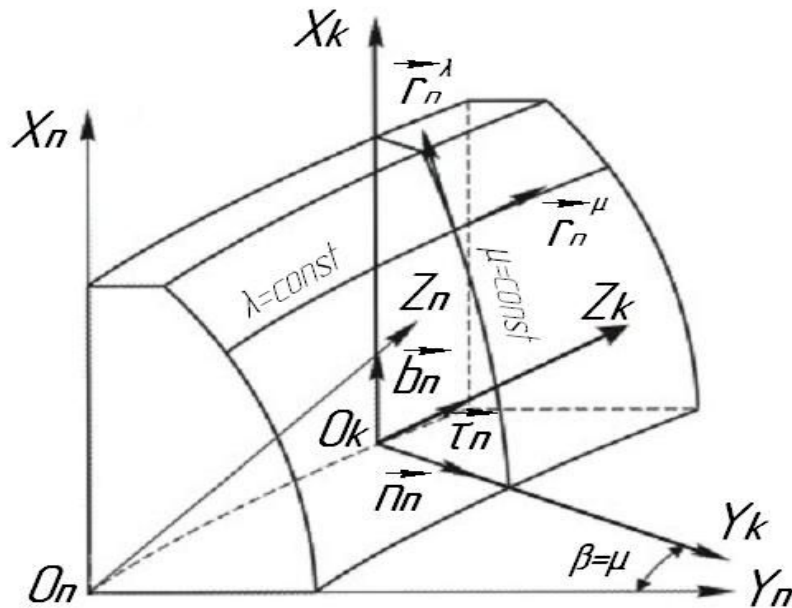


Рис. 1. Обобщенная производящая поверхность

В системе координат S_k уравнение профиля обобщенного исходного контура можно представить в виде кривой Безье третьего порядка [6]:

$$\begin{aligned} x_k &= f_1(\lambda) = (1-\lambda)^3 x_0 + 3(1-\lambda)^2 \lambda x_1 + 3(1-\lambda) \lambda^2 x_2 + \lambda^3 x_3; \\ y_k &= f_2(\lambda) = (1-\lambda)^3 y_0 + 3(1-\lambda)^2 \lambda y_1 + 3(1-\lambda) \lambda^2 y_2 + \lambda^3 y_3; \\ z_k &= 0, \end{aligned} \quad (1)$$

где $f_1(\lambda)$, $f_2(\lambda)$ – произвольные, необходимое число раз дифференцируемые функции; x_0, y_0, x_3, y_3 – координаты опорных точек P_0 и P_3 ;

x_1, y_1, x_2, y_2 – координаты управляющих точек P_1 и P_2 ;

Рассмотрим случай, когда производящая поверхность речного типа имеет круговую линию зуба (рис.2). Для изменения продольной линии зуба производящей поверхности введем три управляющих элемента N_0, N_1, N_2 . N_0 – базисная точка, связанная с началом системы координат S_n . Через эту точку проходит кривая, определяющая продольную линию зуба. Точка N_1 лежит на касательной к рассматриваемой кривой в точке N_0 и позволяет управлять углом наклона β_0 этой касательной. Точка N_2 лежит на рассматриваемой кривой и управляет ее радиусом кривизны R_u . Для простоты управления при-

мом координаты $z_1 = -\frac{b}{2}$, а $z_2 = \frac{b}{2}$, где b – ширина производящей поверхности. Точка N_0 (начало системы координат S_n) лежит в средней торцевой плоскости производящей поверхности.

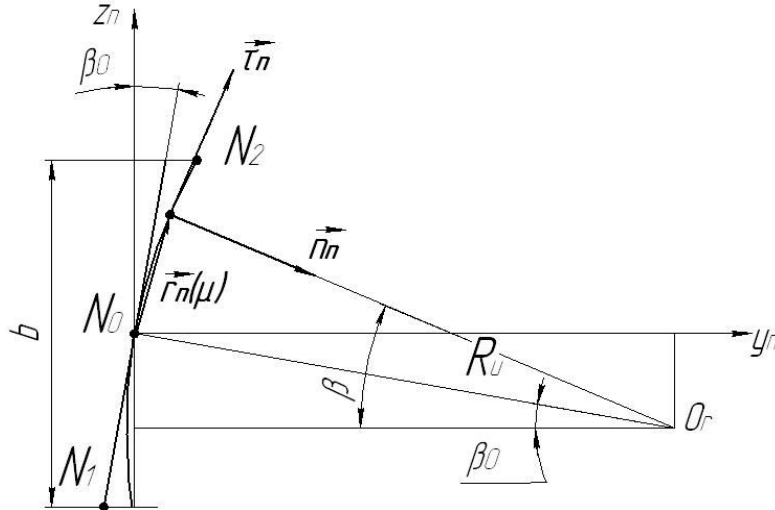


Рис. 2. Продольная линия зуба производящей поверхности

В этом случае уравнение кривой, определяющей линию зуба производящей поверхности в системе координат S_n , имеет вид

$$\bar{r}_n(\mu) = R_u(\cos\beta_0 - \cos\beta)\bar{j} + R_u(\sin\beta - \sin\beta_0)\bar{k}.$$

Или в координатной форме:

$$\begin{aligned} x_n(\mu) &= 0; \\ y_n(\mu) &= R_u(\cos\beta_0 - \cos\beta); \\ z_n(\mu) &= R_u(\sin\beta - \sin\beta_0), \end{aligned} \quad (2)$$

$$\text{где } R_u = \frac{y_r^2 \cos^2 \beta_0 + \left(\frac{b}{2} \cos \beta_0 + y_r \sin \beta_0\right)^2}{2y_r \cos \beta_0},$$

$y_r = y_1 + y_2$, где y_1 и y_2 координаты управляющих точек N_1 и N_2 , угол

$$\beta_0 = \arctg \frac{y_1}{z_1}.$$

Подставляя (2) в (1), получим уравнение производящей поверхности

$$\begin{aligned} x_n &= f_1(\lambda); \\ y_n &= R_u(\cos\beta_0 - \cos\beta) + f_2(\lambda)\cos\beta; \\ z_n &= R_u(\sin\beta - \sin\beta_0) - f_2(\lambda)\sin\beta, \end{aligned} \quad (3)$$

На основании полученных результатов разработана компьютерная программа, позволяющая управлять продольной линией зуба при синтезе цилиндрических передач с арочными и двояковыпукловогнутыми зубьями.

Выводы. Применение управляющих элементов позволяет оперативно изменять форму производящей поверхности в процессе компьютерного синтеза передач. Результаты работы могут быть использованы при проектировании зуборезных головок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грабченко А.И., Кондусова Е.Б., Кривошея А.В., Равская Н.С., Родин П.Р. 3D-моделирование инструментов, формообразования и съема припуска при обработке резанием. - Харьков: НТУ «ХПИ», 2001. – 304с.
2. Шевелева Г.И. Теория формообразования и контакта движущихся тел.: Монография. – М.: Издательство «Станкин», 1999. – 494 с.
3. Павлов А.И. Современная теория зубчатых зацеплений. – Харьков: ХНАДУ, 2005. – 100 с.
4. Шишов В.П., Носко П.Л., Ревякина О.А. Цилиндрические передачи с арочными зубьями (теория, анализ, синтез): Монография. - Луганск: Изд-во ВНУ им..В.Даля, 2004. – 336 с.
5. Шишов В.П., Носко П.Л., Ткач П.М., Філь П.В. Високонавантажені циліндричні передачі з двоопукло-ввігнутими зубцями: Монографія. - Луганськ: Вид-во СНУ ім..В.Даля, 2005. – 216 с.
6. Бочарова І.А., Воронцов Б.С. Модифікація твірної поверхні з використанням кривої Безьє третього порядку/ Прикладна геометрія та інженерна графіка. Праці / Таврійська державна агротехнічна академія. – Вип.4, т.30. – Мелітополь: ТДАТА, 2005. – С.116-120.

Получено 12.03.2006 г.

ВИЗНАЧЕННЯ ЕПІПОЛЯРНИХ І ТРИФОКУСНИХ ОБМЕЖЕНЬ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ СУПУТНИКОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Постановка проблеми

Більшість сучасних супутників, особливо високого просторового розрізнення, надають можливість користувачеві одержання стереозображень. Обробка таких даних, як правило, на певному етапі пов'язана із задачами ідентифікації, тобто визначенням положення точки (об'єкта) на зображенні при відомих її положеннях на інших знімках. Аналогічні задачі виникають також при моделюванні та попередній обробці мультиспектральних зображень, які фіксують одночасно ділянку земної поверхні у різних спектральних діапазонах електромагнітного випромінювання. В даній постановці такий вид зйомки можна вважати окремим випадком стереозйомки.

Аналіз останніх досліджень

Серед останніх досліджень в даному напрямку можна виділити роботи [1-4]. Існує також безліч класичних робіт з комп'ютерного зору (наприклад, [5]). Але питання визначення епіполярних і трифокусних обмежень стосовно супутникових стереозображень залишаються невизначеними. Не приділено уваги геометричним і алгебраїчним умовам та оцінці точності ідентифікації при наявності більше двох проекцій однієї сцени.

Формулювання цілей статті (постановка завдання)

Вирішенню зазначених вище задач і присвячена дана робота.

Основна частина

Нагадаємо, що епіполярне обмеження для випадку двох зображень (p і p') точки P , яка спостерігається двома камерами з оптичними центрами в точках O і O' , полягає у тому, що точка p' повинна перебувати на епіполярній лінії, співвіднесений з p [5]. Дане епіполярне обмеження сильно скорочує процедуру ідентифікації. Але при аналізі руху на основі двох кадрів може трапитися так, що кожна камера відкалібрована внутрішньо, і строге перетворення, що пов'язує системи координат двох камер, невідомо.

©В.В. Гнатушенко, І.С. Дмитрієва, 2006

У цьому випадку епіполярна геометрія накладає обмеження на можливі переміщення об'єкта спостереження. Припустимо, що внутрішні параметри кожної камери відомі, так що $p = p'$. Очевидно, що з епіполярного обмеження випливає компланарність трьох векторів $\overrightarrow{Op}$, $\overrightarrow{Op'}$ і $\overrightarrow{OO'}$. Еквівалентне твердження: один із зазначених векторів повинен лежати в площині $\overrightarrow{Op} \cdot [\overrightarrow{OO'} \times \overrightarrow{Op'}] = 0$. Даний вираз можна переписати в системі координат, пов'язаній з першою камерою:

$$p \cdot [t \times (Rp')], \quad (1)$$

де через $p = (u, v, 1)^T$ і $p' = (u', v', 1)^T$ позначені два вектори зображень p і p' (в однорідних координатах), t — координатний вектор трансляції $\overrightarrow{OO'}$, що пов'язує дві системи координат, а R — матриця повороту (вільний вектор з координатами ω' в другій системі координат має в першій системі координати $R\omega'$). Остаточну рівняння (1) можна переписати в наступному вигляді (співвідношення Лонгета-Хігінса):

$$p^T \varepsilon p' = 0, \quad (2)$$

де через $\varepsilon = [t_{\times}]R$ і $[a_{\times}]$ позначена кососиметрична матриця, така що $[a_{\times}]x = a \times x$ — векторний добуток векторів a і x . Матриця ε називається істотною матрицею, дев'ять коефіцієнтів якої визначаються з точністю до масштабу і їх можна параметризувати трьома ступенями свободи матриці повороту R й двома ступенями свободи, що визначають напрямок вектора трансляції t . Відзначимо, що добуток $\varepsilon p'$ можна інтерпретувати як координатний вектор, що подає епіполярну лінію, що співвіднесена із точкою p' першого зображення. З погляду симетрії очевидно також, що $\varepsilon^T p$ — це координатний вектор, що подає епіполярну лінію другого зображення, що відповідає p . Очевидно, що істотні матриці сингулярні, оскільки вектор t паралельний координатному вектору e першого епіполюса, так що $\varepsilon^T e = -R^T [t_{\times}]e = 0$. Подібним чином легко показати, що e' належить нульовому простору ε .

Розглянемо докладніше інфінітезимальне переміщення. Розглянемо камеру, що рухається зі швидкістю v трансляції й швидкістю ω обертання й перепишемо рівняння (2) для двох знімків, розділених невеликим проміжком часу фіксації δt . Позначимо через $\dot{p} = (\dot{u}, \dot{v}, 0)^T$ швидкість точки

p . Використовуючи експонентне подання обертання [5], можна показати, що (з точністю до членів першого порядку)

$$\begin{cases} t = \delta t, \\ R = Id + \delta[\omega_{\times}], \\ p' = p + \delta \dot{p}. \end{cases} \quad (3)$$

Підставляючи (3) в рівняння (2) і знехтуючи всіма членами, що мають другий і більш високі порядки по δ , одержуємо такий результат:

$$p^T ([v_{\times}] [\omega_{\times}]) p - (p \times \dot{p}) \cdot v = 0. \quad (4)$$

Відзначимо, що при чистій трансляції одержуємо $\omega = 0$, отже, $(p \times \dot{p}) \cdot v = 0$. Інакше кажучи, три вектори, $p = \overrightarrow{Op}$, $\dot{p}$ і v , повинні бути компланарними. Якщо через e позначити інфінітезимальний епіполіус, або фокус розширення (тобто точку перетинання площини зображення лінією, що проходить через оптичний центр паралельно вектору швидкості v), одержимо добре відомий результат: при чисто трансляційному русі поле руху спрямоване до фокуса поширення.

Відношення Лонгета-Хігінса справедливо для внутрішньо відкаліброваних камер. Навпаки, якщо внутрішні параметри невідомі, можна записати $p = K \mathcal{p}$ і $p' = K' \mathcal{p}'$, де K й K' — калібровані матриці 3×3 , а $\mathcal{p}$ й $\mathcal{p}'$ — нормовані вектори координат точок зображень. Для цих векторів одержуємо

$$p^T F p' = 0, \quad (5)$$

де фундаментальна матриця $F = K^{-T} \mathcal{E} K'^{-1}$ не є, у загальному випадку, істотною матрицею. Обмеження, що випливає з того, що ранг цієї матриці дорівнює двом, означає, що у фундаментальній матриці може бути тільки сім незалежних параметрів. Можливі кілька способів параметризації, але найбільш природний — це використовувати координатні вектори $e = (\alpha, \beta)^T$ й $e' = (\alpha', \beta')^T$ двох епіполіусів і епіполярне перетворення, яке переводить один набір епіполярних ліній в інший. Його можна параметризувати (з точністю до масштабу) чотирма числами a, b, c, d , а фундаментальну матрицю можна записати в такий спосіб:

$$F = \begin{pmatrix} b & a & -a\beta - b\alpha \\ -d & -c & c\beta + d\alpha \\ d\beta' - b\alpha' & c\beta' - a\alpha' & -c\beta\beta' - d\beta'\alpha + a\beta\alpha' + b\alpha\alpha' \end{pmatrix}. \quad (6)$$

Зазначимо, що методи, які дозволяють обчислити істотну й фундаментальну матриці по мінімальному числу параметрів, існують, але вони занадто складні і не є предметом дослідження даної роботи. Розглянемо геометричні обмеження, що виникають при наявності трьох зображень однієї сцени. Проаналізуємо систему із трьох перспективних камер, що спостерігають одну точку P , зображення якої позначимо через p_1 , p_2 і p_3 . Оптичні центри O_1 , O_2 і O_3 камер визначають трифокусну площину, що перетинає їхні чутливі області по трьох трифокусних лініях t_1 , t_2 і t_3 . Кожна із цих ліній проходить через співвіднесений з нею епіполіус. Кожна пара камер визначає епіполярне обмеження, тобто

$$\begin{cases} p_1^T \varepsilon_{12} p_2 = 0, \\ p_2^T \varepsilon_{23} p_3 = 0, \\ p_3^T \varepsilon_{31} p_1 = 0, \end{cases} \quad (7)$$

де через ε_{ij} позначена істотна матриця, співвіднесена з парою зображень $i \leftrightarrow j$. Дані три умови не є незалежними, оскільки повинні виконуватися умови $e_{31}^T \varepsilon_{12} e_{32} = e_{12}^T \varepsilon_{23} e_{13} = e_{23}^T \varepsilon_{31} e_{21} = 0$. Зокрема, якщо відомо істотну матрицю, можна визначити положення точки p_1 по положеннях двох відповідних точок p_2 і p_3 . Отже, тринокулярна епіполярна геометрія пропонує рішення завдання ідентифікації.

Другий набір обмежень можна одержати при розгляді трьох зображень лінії, а не точки, що є характерним при обробці супутникових зображень, які містять перехрестя доріг, границі «ліс-поле» і т.д. Набір точок, які проектується на лінію зображення l , утворюють площину L , що містить лінію й камеру. Дану площину можна охарактеризувати в такий спосіб: якщо через M позначити проекційну матрицю 3×4 , точка P на L проектується в точку p на l в тому випадку, якщо $zp = MP$, або

$$l^T MP = 0, \quad (9)$$

де $P = (x, y, z, 1)^T$ — чотиривимірний вектор однорідних координат P , а $l = (a, b, c)^T$ — тривектор однорідних координат l . Два зображення l_1 й l_2 однієї лінії не обмежують відносні положення й орієнтацію пов'язаних з ними камер, оскільки відповідні площини L_1 й L_2 завжди перетинаються. Перетинання площин L_1 , L_2 і L_3 дає пряму (хоча в загальному випадку перетинанням трьох площин є точка).

Для одержання трилінійних умов у явному виді виберемо систему координат, пов'язану з першою камерою як глобальна система відліку й запишемо проекційні матриці як $M_1 = (Id \ 0)$, $M_2 = (R_2 \ t_2)$ і $M_3 = (R_3 \ t_3)$. Тепер можна переписати матрицю Λ :

$$\Lambda = \begin{pmatrix} l_1^T & 0 \\ l_2^T R_2 & l_2^T t_2 \\ l_3^T R_3 & l_3^T t_3 \end{pmatrix}. \quad (10)$$

Три мінори можна записати в такий спосіб:

$$l_1 \times \begin{pmatrix} l_2^T G_1^1 l_3 \\ l_2^T G_1^2 l_3 \\ l_2^T G_1^3 l_3 \end{pmatrix} = 0, \quad (11)$$

де $G_1^i = t_2 R_3^{iT} - R_2^i t_3^T$ для $i=1,2,3$ і через R_2^i і R_3^i ($i=1,2,3$) позначені стовпці матриць R_2 і R_3 . Четвертий детермінант записується як $|l_1 \ R_2 l_2 \ R_3 l_3|$, він дорівнює нулю, коли нормалі до площин L_1 , L_2 і L_3 компланарні. Математично останнє твердження рівносильне прирівнюванню до нуля лінійної комбінації трьох детермінантів, що фігурують у рівнянні (10). Зрозуміло, тільки два із цих детермінантів лінійно незалежні.

Три матриці G_1^i розміром 3×3 визначають трифокусний тензор $3 \times 3 \times 3$ з 27 коефіцієнтами (або 26 з точністю до масштабу). Рівняння (10) можна переписати в такий спосіб:

$$l_1 \propto \begin{pmatrix} l_2^T G_1^1 l_3 \\ l_2^T G_1^2 l_3 \\ l_2^T G_1^3 l_3 \end{pmatrix}, \quad (12)$$

де запис $a \propto b$ позначає, що два вектори a й b відрізняються тільки масштабом. Із сказаного випливає, що трифокусний тензор також накладає умови на положення трьох відповідних точок.

Маючи три точкових відповідності $p_1 \leftrightarrow p_2 \leftrightarrow p_3$, одержуємо чотири незалежних умови. Ці обмеження трилінійні по координатах точок p_1 , p_2 і p_3 . Як тільки відомий тензор, його можна використовувати для припущення положення, скажемо, точки p_1 знаючи розміщення точок p_2 і p_3 на інших зображеннях.

Трилінійні умови на координати ліній зображення також можна визначити й при невідомих внутрішніх параметрах трьох камер. Оскільки в цьому випадку $p = Kp$ й лінія зображення, співвіднесена з вектором l , визначається умовою $l^T p = 0$, відразу можна записати $l = K^{-T} l$, або $l = K^T l$. У загальному випадку одержуємо наступне:

$$\Lambda = \begin{pmatrix} l_1^T K_1 & 0 \\ l_2^T K_2 R_2 & l_2^T K_2 t_2 \\ l_3^T K_3 R_3 & l_3^T K_3 t_3 \end{pmatrix} \text{ і}$$

$$\text{rank}(\Lambda) = 2 \Leftrightarrow \text{rank} \left[\Lambda \begin{pmatrix} K_1^{-1} & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \right] = \text{rank} \begin{pmatrix} l_1^T & 0 \\ l_2^T R_2 & l_2^T t_2 \\ l_3^T R_3 & l_3^T t_3 \end{pmatrix} = 2,$$

де $A_i \stackrel{\text{def}}{=} K_i R_i K_1^{-1}$ й $b_i \stackrel{\text{def}}{=} K_i t_i$ для $i = 2, 3$. Відзначимо, що проекційні матриці, співвіднесені із трьома камерами, тепер мають вигляд $M_1 = (K_1 \ 0)$, $M_2 = (A_2 K_1 \ b_2)$ і $M_3 = (A_3 K_1 \ b_3)$.

Висновки та перспективи подальших досліджень

Визначені бінокулярні й тринокулярні геометричні обмеження визначають параметри внутрішньої й зовнішньої орієнтації стереопари або стереотройки. Зокрема, тринокулярні умови дають рівняння обмеження масштабу, що враховує помилки калібрування й виміру зображення. У цьому випадку промені, співвіднесені із трьома зображеннями однієї точки, уже не перетинаються гарантовано.

Наші подальші дослідження будуть присвячені геометричним і алгебраїчним умовам ідентифікації при наявності чотирьох і більше проекцій однієї сцени.

ЛІТЕРАТУРА

1. Корчинський В.М., Реута О.В. Ідентифікація фотограметричних зображень на основі інваріантних просторових форм плоских геометричних об'єктів // Прикладная геометрия и инженерная графика. К., 1996. Вып. 59. С. 102–105.
2. Popov S.A., Kirichuk V.S. Algorithm of Estimation of the Geometric Parameters of the System of Two Projection Cameras by the Method

of the Least Squares (MLS) // Pattern Recognition and Image Analysis, -1999, № 2, p.304.

3. Битюцкий О.И., Перетягин Г.И. Поиск и локализация реперных фрагментов при совмещении повторных снимков // Автометрия. 1988. № 3.
4. Гнатушенко В.В., Реута О.В. Геометрія пошуку опорних точок при обробці зображень // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – К.: КНУБА, 2003. – Вип. 73. – С. 184-189.
5. Форсайт Дэвид А., Понс Жан. Компьютерное зрение. Современный подход.: Пер. с англ. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2004. – 928 с.

Получено 20.03.2006 г.

УДК 515.2

С.М.Гумен

МОДИФІКОВАНИЙ ЕП'ЮР РАДІЩЕВА

Постановка проблеми. Проблема полягає в одержанні еп'юра, достатнього і зручного для розв'язування широкого спектра задач нарисної геометрії багатовимірного простору графічними засобами.

Аналіз останніх досліджень. У нарисній геометрії для графічного відображення об'єктів багатовимірного евклідового простору існують різні графічні моделі. Найбільш розповсюдженими із них є еп'юри Схоуте [1], Буке-Ейтеля [2,3], Радіщева [4], спіральні координати Аносова [5], відображення на багатовимірні многогранники [6], аксонометричні проекції [7-10], еп'юр Гумена [11] тощо. Всі вони мають як свої переваги, так і свої недоліки. Так, зокрема, найвживаніший еп'юр Радіщева має той недолік, що на ньому представлені далеко не всі 2-вимірні координатні площини, серед яких відсутні ортогонально-доповняльні підпростори, наявність яких необхідна для розв'язання багатьох метричних задач нарисної геометрії.

© С.М.Гумен, 2006

Еп'юр Схоуте обмежений тільки чотирма вимірами, а на еп'юрі Буке-Ейтеля і Гумена координатні осі зображаються під гострими ку-

тами, що призводить до відомих незручностей. Так, на рисунках 1 і 2 зображені проекції точки A 4-вимірного простору $Ox_1x_2x_3x_4$ на еп'юрі Радіщева, на яких координатні 2-вимірні площини розташовані, відповідно, вертикально і горизонтально.

Як видно з рисунків, на такому кресленні представлені три координатні 2-вимірні площини Ox_1x_2 , Ox_1x_3 та Ox_1x_4 із шести, тобто відсутні проекції на три координатні площини Ox_2x_3 , Ox_2x_4 та Ox_3x_4 . Звичайно, на такому кресленні можна розв'язувати більшість позиційних задач нарисної геометрії багатовимірного простору. Однак, часто буває необхідним у деяких метричних задачах використовувати і відсутні проекції.

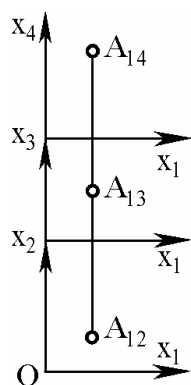


Рисунок 1

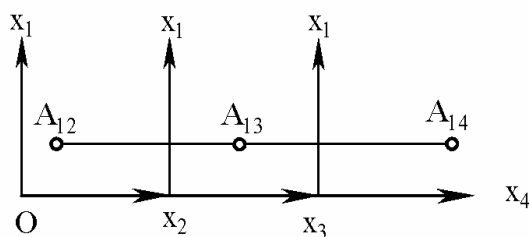


Рисунок 2

У таких випадках дослідники змушені вдаватись до додаткових зображень потрібних координатних 2-вимірних площин, що породжує зрозумілі незручності (оскільки додаткові проекції об'єкта не зв'язуються проекційними лініями зв'язку з проекціями основного креслення).

Формулювання цілей статті. Ціллю статті є на основі найживанішого еп'юру Радіщева шляхом його модифікації запропонувати такий еп'юр, де були б представлені ортогонально-доповняльні координатні площини, кути між осями зберігались прямими, а проекції об'єкта на кресленні були зв'язані між собою проекційно (лініями зв'язку).

Основна частина. Для досягнення поставленої цілі пропонується модифікувати еп'юр Радіщева так, щоб координатні 2-вимірні пло-

щини розміщувались по обидва боки від вертикального напрямку (у першому варіанті розташування площин для рис. 1), або, відповідно, горизонтального (якщо еп'юр передбачає горизонтальне розташування площин у другому варіанті, рис. 2). Тоді модифікований таким чином еп'юр Радіщева для точки A 4-вимірного простору матиме один з виглядів, представлених на рис. 3 і 4.

На рис. 3 залишено напрям координатної осі Ox_1 вправо від вертикалі (як на рис.1), а вліво направлена вісь Ox_3 . Відповідно, на рис.4 осі з парними індексами направлені горизонтально, а осі з непарними індексами – вертикально, так що вісь Ox_1 направлена вгору (як і у вихідному еп'юрі Радіщева на рис.2), а вісь Ox_3 – вертикально вниз.

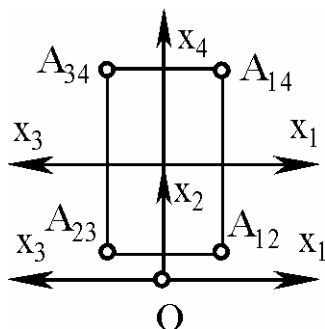


Рис. 3

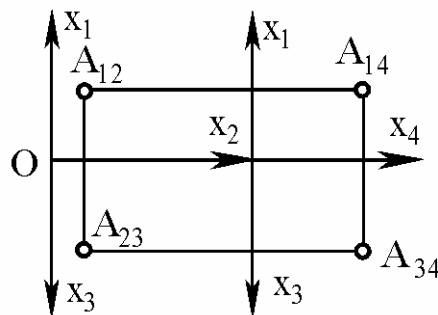


Рис. 4

Пропонована модифікація еп'юра Радіщева дозволяє представити на еп'юрі 4-вимірного простору не три, а чотири координатні 2-вимірні площини.

Для n -вимірного простору, взагалі, на пропонованому модифікованому еп'юрі Радіщева будуть присутні $2(n-2)$ двовимірні координатні площини, а не $n-1$, як на звичайному еп'юрі Радіщева.

У таблиці 1 наведена порівняльна кількість 2-вимірних площин на звичайному еп'юрі Радіщева і модифікованому в залежності від розмірності n охоплюючого простору.

Переваги пропонованої модифікації еп'юра Радіщева виразно проглядаються при розв'язанні, наприклад, такої метричної задачі, як знаходження натуральної величини трикутника загального розта-

шування у 4-вимірному просторі одним із методів перетворення проєкцій.

При розв'язуванні задачі, зрозуміло, потрібно перетворити площину заданого трикутника у повністю паралельну одній із координатних 2-вимірних площин, на яку трикутник спроекціюється у натуральну величину. Тоді на ортогонально-доповняльну координатну площину площина трикутника виродиться в одну точку як така, що повністю перпендикулярна до цієї координатної площини. Як видно із рис.1 і 2 на еп'юрі Радіщева відсутні координатні ортогонально-доповняльні площини взагалі, тоді як на пропонованому модифікованому еп'юрі представлені по дві пари ортогонально-доповняльних площин (Ox_1x_4 і Ox_2x_3 та Ox_1x_2 і Ox_3x_4).

Таблиця 1

Розмірність простору	Загальна кількість координатних 2-площин	Кількість 2-площин на еп'юрі Радіщева	Кількість 2-площин на модифікованому еп'юрі
4	6	3	4
5	10	4	6
6	15	5	8
7	20	6	10
8	25	7	12
9	36	8	14
10	45	9	16
...	...	...	...
n	C_n^2	n-1	2(n-2)

На рисунках 5, 6 представлені, відповідно, звичайний та модифікований еп'юри Радіщева для 5-вимірного простору, з яких видно принцип організації 2-вимірних площин у ньому.

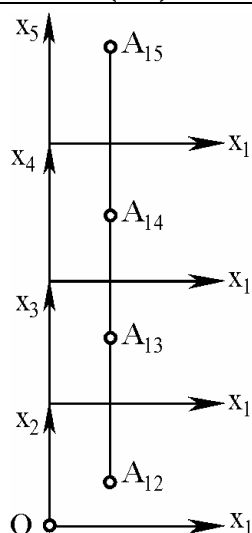


Рисунок 5

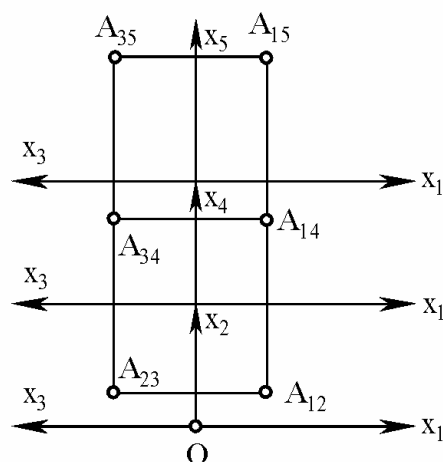


Рисунок 6

Висновки та перспективи. Запропонований модифікований еп'юр Радіщева розширює клас задач нарисної геометрії багатовимірного простору, що можуть успішно розв'язуватись на ньому графічними засобами. У перспективі такий еп'юр знайде застосування у практиці розв'язання як теоретичних, так і практичних задач графічними засобами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Schoute P.H. Mehrdimensionale Geometric. – Leipzig, 1902., т.1. – 295 s.
2. Boecke H.E. Eine Anwerdurg metrdimensionale Geometrie auf chemischmineralogische Fragen / Nenes Jahrb, fur Mineralogie. – 1916. – Bd. 2. – S. 109 – 148.
3. Eitel W. Veber viestoff systeme, Z.anorg.n.allg.chem., 1917. – 100 s.
4. Альтгаммер П. Расчёты и графики соляных растворов: Гостехиздат. – Л., 1932. – 139с.
5. Аносов В.Я. К вопросу об изображении многокомпонентных систем. Метод спиральных координат / Изд. СФХА, т. IX: АН СССР. – Л., 1936. – 48 с.
6. Радищев В.П. Многокомпонентные системы / Ин-т общей и неорг.химии АН СССР / Под ред. Ф.М.Перельман. – М.:ВИНИТИ, 1967. – 502с.

7. Глаголев Е.А., Четверухин Н.Ф. Аксонометрия: Гостехиздат технико-теоретической литературы. – М., 1953. – 292 с.
8. Перви́кова В.Н. Теоретические основы построения чертежей многомерных фигур в синтетическом и векторном изображении с применением для исследования многомерных систем // Автореф. дис...докт.техн.наук. – М., 1974. – 31с.
9. Перви́кова В.Н. Геометрические основы чертежей многомерных фигур // Учебное пособие. М.: МАИ, 1982. – 44 с.
10. Юдицкий М.М. Специальные виды аксонометрических проекций // Автореф. дис. ... докт.техн. наук. – М., 1969. – 25с.
11. Гумен Н.С. Графоаналитическое отображение некоторых геометрических образов многомерного евклидова пространства на подпространствах низших размерностей применительно к решению некоторых технических задач / Дисс. ... канд. техн. наук. – Киев, 1969. – 272 с.

Получено 25.03.2006 г.

УДК 515.2

Д.В. Давиденко, Д.В. Кукуруза

МЕТОД ЗВЕДЕННЯ ПОЗИЦІЙНОЇ ЗАДАЧІ ДО МЕТРИЧНОЇ

Постановка проблеми. При розв'язанні різноманітних проблем в галузі машинобудування, робототехніки або будівництва часто виникає наступна позиційна задача [1-3].

Задача А. Нехай в прямокутній системі координат $Oxyz$ задано дві точки $A(x_a, y_a, z_a)$ і $B(x_b, y_b, z_b)$, а також геометричний об'єкт G , поверхню якого можна описати рівнянням $F(x, y, z) = 0$ (наприклад, це можна зробити за допомогою R -функцій [1]). Необхідно з'ясувати, чи видимою є точка B із точки A ? Тобто заслоняє чи не заслоняє об'єкт S "промінь зору", який спрямовано із точки A в точку B ?

Спосіб розв'язання цієї задачі суттєво впливає на ефективність методу розв'язання проблеми в цілому [1 - 3].

Аналіз останніх досліджень. Відомі способи розв'язання задачі А базуються, як правило, на методах аналітичної геометрії, які дозволяють визначати відстані від „пробної” точки на промені зору до поверхні об'єкта [1-3]. Але такого роду „перебірні” алгоритми приво-

дять до значного часу обробки інформації, внаслідок чого розв'язок зазначеної позиційної задачі не завжди можна одержати в реальному часі.

© Д.В. Давиденко, Д.В. Кукуруза, 2006

В алгоритмах „позиціювання” виходом може бути застосування аналітичних виразів для нормальних функцій [4]. Для складання ефективних алгоритмів пропонується замінити позиційну задачу А наступною метричною задачею Б.

Задача Б. Необхідно визначити найкоротшу відстань $\rho(G, L)$ між об'єктом $G: F(x, y, z) = 0$ і відрізком $L\{A, B\}: f(x, y, z) = 0$. Тоді, у випадку виконання нерівності $\rho(G, L) > 0$, точка B буде видимою із точки A , тобто об'єкт G не заслонятиме "промінь зору", спрямований із точки A в точку B .

Визначення [4]. Для об'єкта G нормальною називається така функція $F(x, y, z)$, для якої виконується тотожність $F(x_a, y_a, z_a) = \rho(G, A)$ для довільної точки $A(x_a, y_a, z_a)$ за межами об'єкта G . Тут через $\rho(G, A)$ позначено найкоротшу відстань між поверхнею об'єкта G і точкою A . При цьому вираз $F(x, y, z) = 0$ буде рівнянням поверхні G .

Постановка завдання. Запропонувати спосіб розв'язання метричних і позиційних задач з використанням нормальних функцій.

Основна частина. Для розв'язання задачі Б необхідно скласти нормальні рівняння двох об'єктів: відрізка L , що сполучає точки A і B – позначимо його як $f(x, y, z) = 0$, і об'єкта G – позначимо його як $F(x, y, z) = 0$. Тоді задачу А можна формулювати як задачу Б, прийнявши до уваги наступне твердження.

Твердження 1. Найкоротша відстань $\rho(G, L)$ між об'єктами G і L дорівнює подвоєному значенню мінімуму R - диз'юнкції $f = f_1 \vee f_2$ нормальних функцій, які входять до опису цих об'єктів.

Наведемо деякі відомі нормальні функції об'єктів.

Твердження 2. Нормальна функція відрізка, що з'єднує в прямокутній системі координат $Oxyz$ точки $A(x_a, y_a, z_a)$ і $B(x_b, y_b, z_b)$, має вигляд

$$\xi = \sqrt{\frac{(f_a \wedge 0)^2 + (f_b \vee 0)^2 + \omega^2}{(x_b - x_a)^2 + (y_b - y_a)^2 + (z_b - z_a)^2}}, \quad (1)$$

де $f_a = (x_b - x_a)(x - x_a) + (y_b - y_a)(y - y_a) + (z_b - z_a)(z - z_a)$;

$$f_b = (x_b - x_a)(x - x_b) + (y_b - y_a)(y - y_b) + (z_b - z_a)(z - z_b);$$

$$\omega^2 = \begin{vmatrix} x & y & 1 \\ x_a & y_a & 1 \\ x_b & y_b & 1 \end{vmatrix}^2 + \begin{vmatrix} x & z & 1 \\ x_a & z_a & 1 \\ x_b & z_b & 1 \end{vmatrix}^2 + \begin{vmatrix} y & z & 1 \\ y_a & z_a & 1 \\ y_b & z_b & 1 \end{vmatrix}^2.$$

Знаками $\vee$ і $\wedge$ тут і далі позначено R_1 -диз'юнкцію і R_1 -кон'юнкцію [4].

Твердження 3. Нормальна функція для паралелепіпеда $T \{a \leq x \leq b; c \leq y \leq d; e \leq z \leq f\}$ має вигляд

$$\xi = \sqrt{[(x \vee a) - (x \wedge b)]^2 + [(y \vee c) - (y \wedge d)]^2 + [(z \vee e) - (z \wedge f)]^2}. \quad (2)$$

Функція (2) буде нормальною і у випадку загального положення паралелепіпеда стосовно координатних площин. Крім того, паралельні грані можуть збігатися. Зазначимо, що у випадку злиття двох пар граней, одержимо функцію з властивостями функції (1).

На рис. 1 при $\xi = 0.05$ і $\xi = 1.5$ зображено поверхні рівня нормальної функції паралелепіпеда $T \{2 \leq x \leq 5; 3 \leq y \leq 5; 2 \leq z \leq 3\}$.

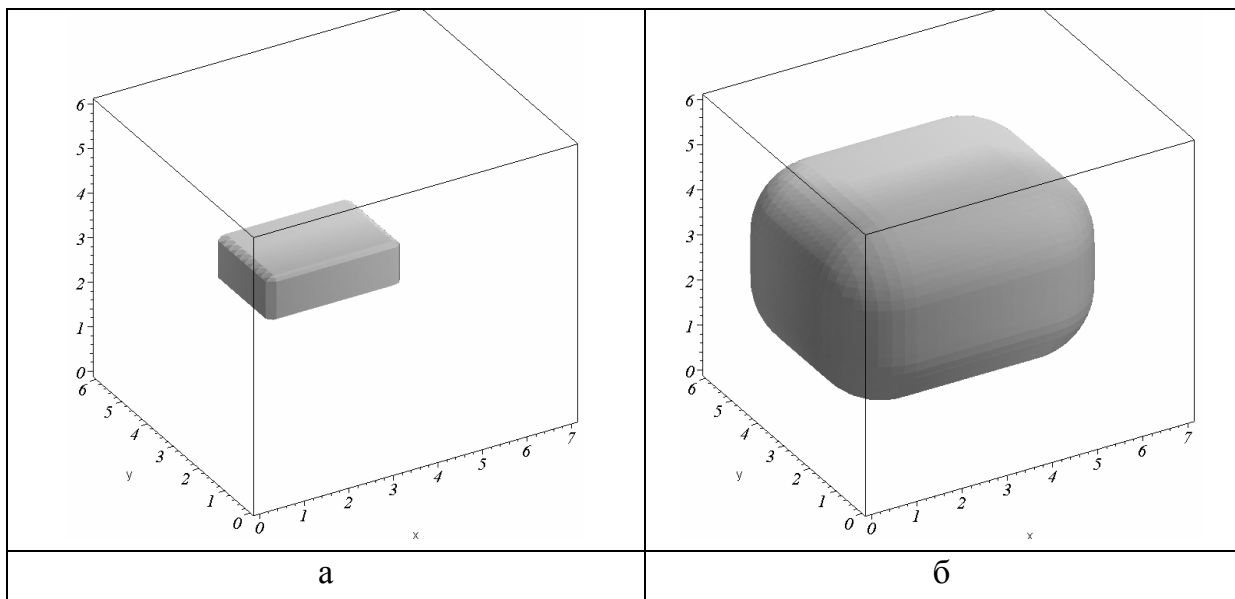


Рисунок 1 - Поверхня рівня нормальної функції паралелепіпеда при а) $\xi = 0.05$ і б) $\xi = 1.5$

Наведемо фрагмент Maple-програми для практичного опису нормальних функцій відрізка і паралелепіпеда, де функція (1) для наочного представлення „розкрита” за допомогою елементарних функцій.

```
paraped := (a, b, c, d, e, f) ->
  sqrt((max(a, x) - min(b, x))^2 +
```

```

(max(c, y) - min(d, y))^2 +
(max(e, z) - min(f, z))^2 ):
otrezok := (xa, ya, za, xb, yb, zb) -> 1/2*
(( (xb-xa)*(x-xa)+(yb-ya)*(y-ya)+(zb-za)*(z-za) -
abs(-(xb-xa)*(x-xa)-(yb-ya)*(y-ya)-(zb-za)*(z-za)))^2+
((xb-xa)*(x-xb)+(yb-ya)*(y-yb)+(zb-za)*(z-zb)+
abs(-(xb-xa)*(x-xb)-(yb-ya)*(y-yb)-(zb-za)*(z-zb)))^2+
4*(x*ya-x*yb-xa*yb+xa*yb+xb*y-xb*ya)^2+
4*(x*za-x*zb-xa*z+xa*zb+xb*z-xb*za)^2+
4*(y*za-y*zb-ya*z+ya*zb+yb*z-yb*za)^2)^(1/2)/
(xb^2-2*xb*xa+xa^2+yb^2-2*yb*ya+ya^2+zb^2-
2*zb*za+za^2)^(1/2):
F1 := otrezok(7, 1, 2, 5, 4, 5) - 1.:
F2 := paraped(1, 2, 2, 3, 1, 3) - 1.:
implicitplot3d({F1, F2}, x=0..7, y=0..6, z=0..6,
grid=[50,50,50], scaling=CONSTRAINED, axes=BOXED,
orientation=[-122,75], axesfont=[TIMES,ITALIC,18]);

```

На рис. 2 зображено результат виконання програми (отвори утворені внаслідок перетину поверхонь з координатними площинами).

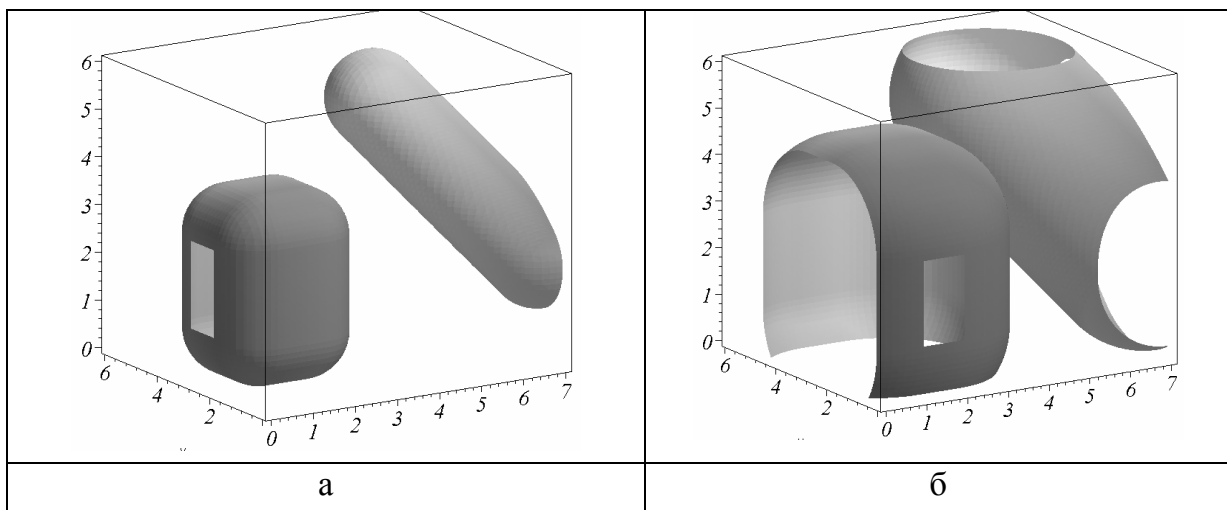


Рисунок 2 - Поверхні рівня нормальних функцій для відрізка і паралелепіпеда при а) $\xi = 1$ і б) $\xi = 2$

Засобами комп'ютерної графіки зручно спостерігати момент „дотику” поверхонь рівня в точці, яка розташована на відрізку мінімальної відстані. При цьому, згідно твердження 1, змінюючи величину

$\xi = \xi_T$, на екрані комп'ютера можна спостерігати перетин поверхонь рівня. Момент дотику ідентифікується завдяки „зникненню” об'єкта-перетину (рис. 3). Тобто в інтерактивному режимі можна наближено визначати відстань між відрізком і паралелепіпедом (для обраного випадку ця відстань наближено дорівнює 3,6 од.). Строгий мінімум R -диз'юнкції можна визначити, наприклад, методом Хука-Дживса [5].

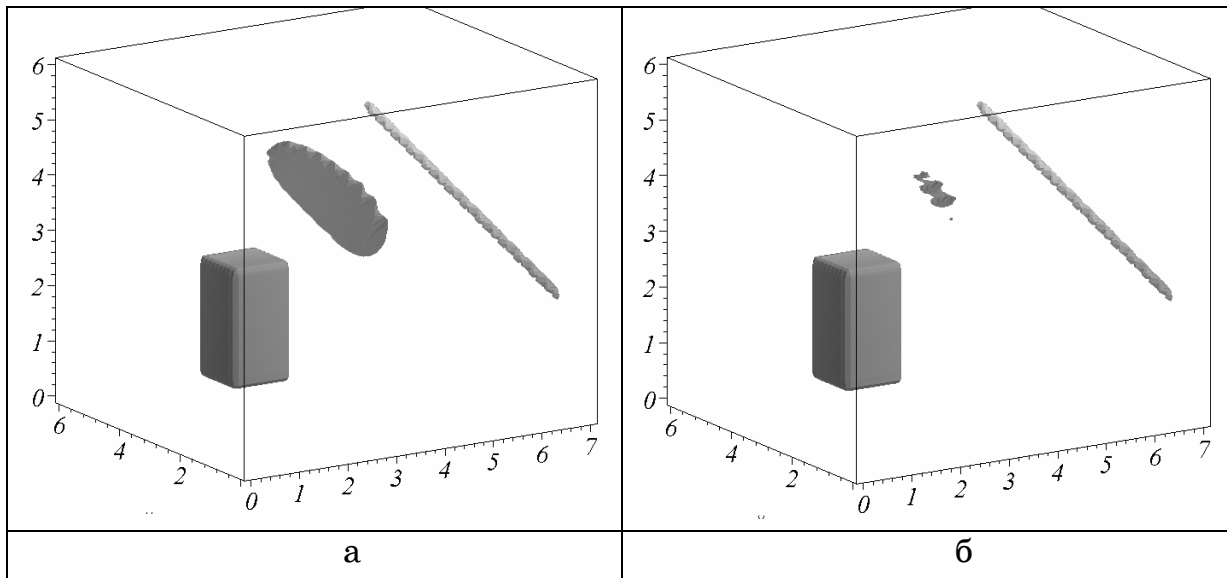


Рисунок 3 - Перетин поверхонь рівня при а) $\xi = 2,1$ і б) $\xi = 1,9$

Висновки. При складанні алгоритму розв'язання *позиційної* задачі A її доцільно звести до *метричної* задачі B , яку, із застосуванням нормальних функцій, можна розв'язати за допомогою обчислювальної техніки в інтерактивному режимі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Белянин П.Н. Промышленные роботы. - М.: Машиностроение, 1975. - 400с.
2. Игнатьев М.Т., Кулаков Ф.М., Покровский А.М. Алгоритмы управления роботами - манипуляторами. -М.: Машиностроение, 1972. – 248 с.
3. Интегральные роботы. Сб. статей / Пер. с англ. под ред. Г.Е. Поздняка. - М.: Мир, 1973, вып.1. – 421 с.; 1975, вып.2. – 528 с.
4. Рвачев В.Л. Геометрические приложения алгебры логики. - Киев: Техніка, 1967. - 212 с.
5. Банди Б. Методы оптимизации. Вводный курс.- М.: Радио и связь, 1988. – 128с.

СИНЕРГЕТИЧНІ ТА СИСТЕМНІ МОЖЛИВОСТІ ПАРАМЕТРИЗАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ І ПЕРЕТВОРЕНЬ ПРОСТОРУ

Постановка проблеми. Різноманітні проблеми, що існують у виробничих галузях, вимагають розробки ефективних та гнучких підходів до вирішення цих проблем. Багато задач повинні супроводжуватися не тільки точними фізичними і математичними моделями, але й відповідним геометричним моделюванням та графічною інформацією. Ця інформація характеризується передусім наочністю, що дозволяє навіть на якісному рівні прослідкувати за зміною технічного стану в тій чи іншій галузі виробництва. При цьому традиційна графіка не може забезпечити всі потреби вирішення зазначених проблем. Тому слід проаналізувати можливості синергетичних і системних графічних досліджень.

Аналіз останніх досліджень. Події нашого часу несуть на собі ознаки переходу від постіндустріального до інформаційного стану розвитку суспільства. Такий перехід потребує зміни існуючих відносин між об'єктами різної природи. Поступово зникають традиційні форми відносин і з'являються форми синергетичні (самоорганізаційні). В роботі [3] розкрито сутність синергетики як науки та синергетичні підходи до розв'язання задач природничих і технічних наук. В роботах [1, 2, 5] містяться результати досліджень в теорії параметризації та їх використання у геометричному моделюванні. В роботі [4] започатковано застосування синергетичного підходу для проекційних перетворень простору R^3 .

Виділення невирішених частин загальної проблеми. Недостатньо вирішеними є проблеми дослідження геометричних умов, що виступають як параметри, а також проблеми, пов'язані з концепцією синергетичного перетворення простору.

Постановка завдання. Надати розгляд особливостей синергетичного тлумачення графічної інформації. Порівняти складові синергетичних і системних досліджень. Визначити можливості графічного моделювання об'єктів і процесів. Обґрунтувати забезпечення наукових та виробничих галузей засобами синергетичної графіки.

Основна частина. Параметризація геометричних фігур та умов надає можливість ефективно досліджувати і розв'язувати задачі інженерної геометрії [1], комп'ютерної графіки, математичного та геометричного моделювання.

В параметричній геометрії [2] можна визначити чотири основні задачі:

- параметризація геометричних фігур та їх многостатностей;
- параметризація геометричних умов;
- дослідження геометричного змісту параметрів;
- дослідження можливості співіснування геометричних умов, що виступають як параметри.

Дві перші задачі достатньою мірою розроблено. Третя та четверта ще не мають розв'язань. Хоча в деяких випадках третя задача має розв'язок, загальні підходи до її розв'язання відсутні й дотепер. Ця задача є фундаментальною в проблемі керування формою та розташуванням фігур у просторі. Керування здійснюється через зміну параметрів форми p та розташування q . Знання геометричного змісту параметрів розташування дозволяє цілеспрямовано змінювати розташування фігури, а параметрів форми – форму, метрику фігури. Можливість зміни форми та розташування фігури є основою для розв'язання низки задач оптимізації.

Особливі непорозуміння під час розв'язання третьої задачі виникають тоді, коли параметрами виступають своєрідні "узагальнені" параметри, якими є геометричні умови. Такі параметри непомітно пов'язують і параметри форми, і параметри розташування. Задача їх "розчленування" та виявлення геометричного змісту є досить складною. Четверта задача на сьогодні не має розв'язку. В кожному конкретному випадку доводиться аналізувати умови на сумісність. Розв'язавши четверту задачу в цілому, можна було б підійти до вирішення проблеми повної формалізації процесу геометричного конструювання фігур. Це, в свою чергу, могло б забезпечити теоретичне підґрунтя для математичного та геометричного моделювання різного роду прикладних ситуацій, конструкцій, процесів. Розглянемо таблицю 1. Традиційний підхід до розгляду проблем параметризації, як бачимо, натикається на значні труднощі. Деякі можливості їх подолання містяться в синергетичному моделюванні.

Відомо, що основоположними елементами синергетики (теорії самоорганізації) є випадковість та нелінійність [3]. В нелінійному світі деформується звичайний принцип суперпозиції. Тут сума частинних розв'язань не є також повним розв'язанням рівняння. Ціле вже не дорівнює сумі частин, що його складають. Воно якісно інше в порівнянні з частинами. Крім того, ціле, що виникає, змінює частини. Тож випадкове та нелінійне завжди пов'язані з синергетичною характеристикою простору [4].

Таблиця 1

Основні задачі параметричної геометрії	Можливості традиційного розв'язання задач	Можливості синергетичного розв'язання задач
Задача 1. Параметризація геометричних фігур	Розв'язки існують	Розв'язки існують
Задача 2. Параметризація геометричних умов	Розв'язки мають обмежений характер	Розв'язки потребують удосконалення
Задача 3. Дослідження геометричного змісту параметрів	Розв'язки є проблематичними	Розв'язки визначені
Задача 4. Дослідження співіснування геометричних умов	Розв'язки не існують	Розв'язки мають загальні характеристики

Визначимо поняття "випадковість" та "довільність" у геометричних ситуаціях. Будемо вважати, що "довільність" характеризує ситуацію, яка відбувається в n -вимірному просторі R^n і розглядається у тому ж просторі R^n . Поняття "випадковість" визначає ситуацію, що відбувається у просторі $R^{>n}$, вимір якого більше, ніж n , а розглядається у просторі R^n . Така можливість розгляду ситуацій допомагає визначити додаткові обставини, і саме вони складають основу визначення невідомих компонентів.

Розглянемо традиційні та синергетичні елементи моделювання об'єктів.

Традиційне перетворення простору вимагає одно-однозначної відповідності між точковим об'єктом (x, y, z) та його просторовою

проекцією (x', y', z') . Перетворення характеризується лінійними залежностями

$$\begin{aligned}x' &= a_1x + b_1y + c_1z + d_1; \\y' &= a_2x + b_2y + c_2z + d_2; \\z' &= a_3x + b_3y + c_3z + d_3.\end{aligned}\tag{1}$$

і потребує виконання (за теоремою Сгера) [5] тривіальних умов:

- кожна точка простору має проекцію у вигляді точки;
- через кожну точку простору проходить єдина проєкціююча лінія.

Зазначені умови не відповідають концепції синергетичного перетворення простору. Тому виникає потреба в інших тривіальних умовах:

- кожна точка простору має проекції у вигляді множини точок;
- через кожну точку простору проходить в'язка проєкціюючих ліній.

Такі синергетичні умови характеризують одно-многозначні відповідності між точковим об'єктом (x, y, z) і його просторовими проєкціями (x'_i, y'_i, z'_i) , а також визначають нелінійні залежності:

$$\begin{aligned}x'_i &= \frac{a_{1i}x + b_{1i}y + c_{1i}z + d_{1i}}{a_{4i}x + b_{4i}y + c_{4i}z + d_{4i}}; \\y'_i &= \frac{a_{2i}x + b_{2i}y + c_{2i}z + d_{2i}}{a_{4i}x + b_{4i}y + c_{4i}z + d_{4i}}; \\z'_i &= \frac{a_{3i}x + b_{3i}y + c_{3i}z + d_{3i}}{a_{4i}x + b_{4i}y + c_{4i}z + d_{4i}}.\end{aligned}\tag{2}$$

Використовуючи синергетичний підхід до побудови зображень, дійдемо структури "точковий прообраз – в'язка проєкціюючих променів – множина точкових образів". Така структура є відмінною від традиційної "точковий прообраз – проєкціюючий промінь – точковий образ", а структурна характеристика "прообраз – в'язка променів – множина образів" надає можливість, з одного боку, аналізувати стан проєкційних елементів і, з другого боку, дозволяє синтезувати множину отриманих зображень.

Проблеми, схожі з синергетичними, ставлять перед собою системні дослідження. Крім розбіжностей, у синергетики (та інших тео-

рій самоорганізації) і системних досліджень є досить багато спільного. Їх об'єднують принципи системності, розвитку, ізоморфізму, типологія систем. При цьому синергетика увібрала в себе усі значущі для дослідження процесів самоорганізації теоретичні і методологічні висновки системних досліджень.

Характеристику особливостей синергетики і системних досліджень подано у таблиці 2.

Висновки. Особливості синергетичної графіки демонструють нові можливості відображення тривимірного простору. Якщо традиційний спосіб графічного проєкціювання утворює жорсткі лінійні моделі, то синергетичний підхід формує гнучкий апарат випадкового та нелінійного моделювання.

Таблиця 2

Синергетика	Системні дослідження (загальна теорія систем, системний аналіз, системний підхід)
Досліджуються процеси самоорганізації систем	Вивчаються процеси організації систем
Підкреслюється кооперативність процесів, що лежать в основі самоорганізації і розвитку систем	Відбувається зупинка на стадії аналізу структури систем та абстрагування від кооперативних процесів
Вивчається сукупність внутрішніх і зовнішніх взаємозв'язків системи	Проблема взаємозв'язку розглядається, в основному, як взаємозв'язок компонентів всередині системи
Визнається велика роль середовища у процесах змін	Джерело руху розглядається у самій системі
Акцентується увага на процесах зростання, розвитку і руйнування систем	Акцент ставиться на статичку систем, їх морфологічний і, рідкіше, функціональний опис
Вважається, що хаос відіграє важливу роль у процесах руху систем, причому не тільки деструктивну	Надається велике значення упорядкованості, рівновазі

ЛІТЕРАТУРА

1. Инженерная геометрия с элементами теории параметризации: Учебное пособие / В.Е.Михайленко, С.Н.Ковалев, Н.И.Седлецкая, В.А.Анпилогова. – К.: УМК ВО, 1989. – 84 с.
2. Рыжов Н.Н. Параметрическая геометрия. – М.: МАДИ, 1988. – 56 с.
3. Хакен Г. Синергетика. – М.: Мир, 1980. – 404 с.
4. Даниленко В.Я. Синергетичне моделювання простору R^3 / Прикладна геометрія та інженерна графіка. – К.: КДТУБА, 1998. – Вип. 63. – С. 226-229.
5. Четверухин Н.Ф. Теоретические основания начертательной геометрии. – М.: МАИ, 1973. – 60 с.

Получено 22.03.2006 г.

УДК 515.2

А.О. Дашкевич

АЛГОРИТМ МОДЕЛЮВАННЯ СХЕМИ ДІЇ МЕХАНІЗМУ ТІСТОМІСИЛЬНОЇ МАШИНИ

Постановка проблеми. Під час вибору оптимальної схеми для проведення процесу замісу тіста найбільшу увагу слід приділяти таким показникам, як енергетичні витрати, матеріалоемність конструкції, геометрична форма траєкторії руху місильного органу, кінематичні показники (швидкість, прискорення), динамічні показники (сили, що діють в ланках механізму). Серед широкого різноманіття конструкцій тістомісильних машин привертає увагу схема, в якій робочий орган приводиться в дію з допомогою епіциклічної планетарної передачі. Використання таких схем дає можливість отримати шатунні криві досить складної форми, що є необхідним для проведення ефективного замісу тіста.

Аналіз останніх досліджень. В роботі [1] запропоновано алгоритм геометричного моделювання епіциклоїдного механізму (рис. 1). Цей алгоритм має можливість унаочнення траєкторії, що дає змогу визначити вплив лінійних розмірів механізму на форму отримуваної кривої. Для подальшого дослідження механізму необхідно об-

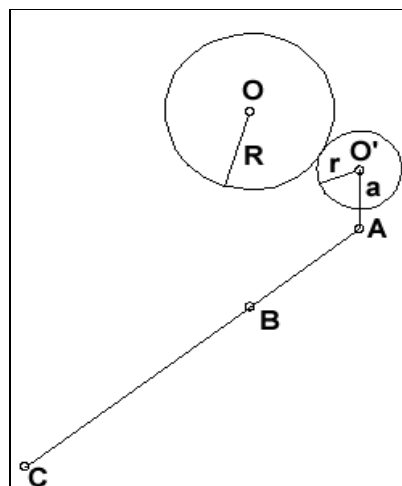


Рисунок 1. Схема дії епіциклоїдного механізму замісу тіста

числити значення швидкостей та прискорень ланок механізму і кінетичну енергію механізму. Тому актуальною буде розробка алгоритму, який дасть змогу обчислювати кінематичні і динамічні показники механізму.

© А.О. Дашкевич, 2006

В роботі [2] наведено аналітичні методи кінематичного і динамічного дослідження механізмів. В роботі [3] наведено приклад алгоритму, що обчислює швидкість та прискорення точок механізму методом графічного диференціювання.

Постановка завдання. Розробити алгоритм розрахунку кінематичних і динамічних показників дії тістомісильної машини.

Основна частина. Під час процесу замісу тіста рух тістомісильної машини повинен бути рівномірним без істотних стрибків. Для перевірки цих вимог необхідно мати алгоритм та програму геометричного моделювання механізму, за допомогою якої можна визначити як геометричну форму шатунної кривої, так і кінематичні характеристики цієї кривої (швидкість, прискорення).

На рис. 1 наведено позначення, які обрано для моделювання механізму. Дана робота є продовженням результатів роботи [1].

Для середовища математичного процесора Maple було складено програму анімаційного моделювання дії епіциклоїдного механізму [1], в результаті виконання якої можна наочно простежити за формою шатунної кривої механізму в залежності від параметрів **R**, **r**, **a**, **AC**, **OB**.

Для тестового прикладу обрано наступні значення параметрів: **R=4**; **r=1**; **a=0,95**; **AC=15**; **OB=7**.

З допомогою алгоритму [1] є можливість отримати рівняння для координат точок **O'**, **A** і **C** в аналітичній формі в залежності від часу. Пакет Maple дозволяє диференціювати аналітичні вирази з допомогою функції **diff**, наприклад, для точки **C** вирази для знаходження швидкості і прискорення:

швидкість:

для координати **X**: $VC_x = \text{diff}(C_x, t)$;

для координати **Y**: $VC_y = \text{diff}(C_y, t)$;

швидкість точки **C**: $VC = \text{sqrt}(VC_x^2 + VC_y^2)$;

прискорення:

для координати X: $AC_x = \text{diff}(VC_x, t)$;

для координати Y: $AC_y = \text{diff}(VC_y, t)$;

прискорення точки C: $AC = \sqrt{AC_x^2 + AC_y^2}$,

де t – параметр, за яким проводиться диференціювання (час).

Задаючи значення параметру t отримуємо значення швидкостей і прискорень будь-якої точки механізму в числовій формі.

На рис. 2 зображено варіант шатунної кривої (траєкторія точки C), що відповідає значенням параметрів тестового прикладу. Зображено початкове положення точки C.

$$\text{Кінетична енергія механізму дорівнює } E = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^K m_i \cdot V_i^2,$$

де m_i – маса i -ої ланки механізму, V_i – швидкість центру маси ланки, K – кількість ланок механізму, $K=1,2,3$.

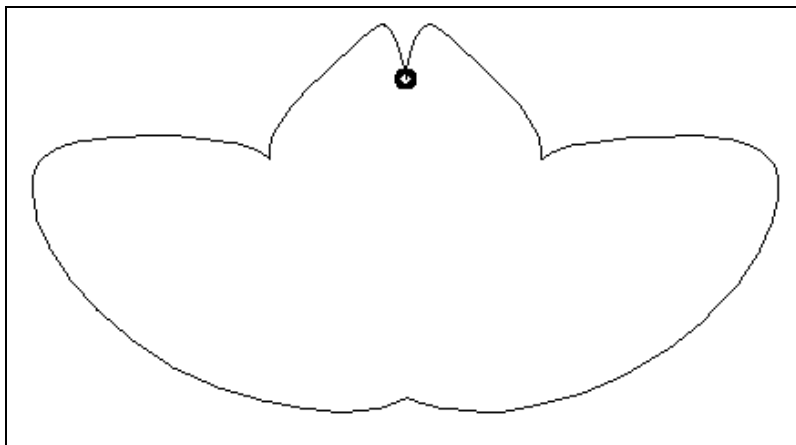


Рисунок 2 - Геометрична форма варіанту шатунної кривої, що відповідає значенням параметрів тестового прикладу

Для спрощення розрахунку кінетичної енергії механізму в роботі [2] пропонується метод приведення мас, який полягає в тому, що під час аналізу роботи механізму оперують не масами всіх ланок механізму, а однією приведеною масою, яка є еквівалентна до мас ланок механізму. Для цього механізм замінюється еквівалентною схемою, в якій маса механізму концентрується в ланці 2 (рис. 3).

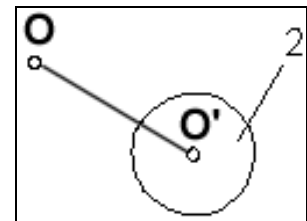


Рисунок 3 - Еквівалентна схема механізму

Приведену масу будемо розраховувати за фор-

мулою $m = \sum_i^k m_i \cdot \left(\frac{V_i}{V}\right)^2$, де V – швидкість точки приведення (точка O'). Тоді приведена кінетична енергія матиме величину $E_{\text{пр}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2$.

Наведемо програму в середовищі Maple, що реалізує вищезазначені етапи:

```

R:=4: r:=1: a:=0.95: n:=36: k:=R/r: # Вихідні параметри
AC:=15: OB:=7:
xo:=0: yo:=0:
xb:=xo+0: yb:=yo-OB:
phi(t):=t*2*Pi/n: # Залежність кута повороту від часу
xoo:=(r+R)*sin((r/R)*phi(t)): # Розрахунок координат точки O'
yoo:=(r+R)*cos((r/R)*phi(t)):
xa:=(r+R)*sin((r/R)*phi(t))-a*sin((r+R)*phi(t)/R): # координати точки A
ya:=(r+R)*cos((r/R)*phi(t))-a*cos((r+R)*phi(t)/R):
AB:=sqrt((xa-xb)^2+(ya-yb)^2):
BC:=AC-AB:
cosAB:=(xa-xb)/AB: sinAB:=(ya-yb)/AB:
xc:=xb-BC*cosAB: yc:=yb-BC*sinAB: # координати точки C
voox:=diff(xoo,t): # Горизонтальна швидкість точки O'
vooy:=diff(yoo,t): # Вертикальна швидкість точки O'
voo:=sqrt(voox^2+vooy^2): # Швидкість точки O'
aoo:=diff(voo,t): # Прискорення точки O'
vax:=diff(xa,t): # Горизонтальна швидкість точки A
vay:=diff(ya,t): # Вертикальна швидкість точки A
va:=sqrt(vax^2+vay^2): # Швидкість точки A
aa:=diff(va,t): # Прискорення точки A
vcx:=diff(xc,t): # Горизонтальна швидкість точки C
vcy:=diff(yc,t): # Вертикальна швидкість точки C
vc:=sqrt(vcx^2+vcy^2): # Швидкість точки C
ac:=diff(vc,t): # Прискорення точки C
phi0:=phi(t): # Визначення кутів повороту ланок
phi1:=phi0*k:
phi2:=arctan((yb-yc)/(xb-xc)):
omega0:=diff(phi0,t): # Кутові швидкості ланок

```

```

omega1:=diff(phi1,t):
omega2:=diff(phi2,t):
massa:=array(0..2,[10,2.5,1.5]): # Маса ланок
skor:=array(0..2,[0,voo,vc]): # масив швидкостей ланок
ugol:=array(0..2,[phi0,phi1,phi2]): # масив кутів повороту ланок
ugl_sk:=array(0..2,[omega0,omega1,omega2]): # масиву кутових
швидкостей
massa_pr:=sum(massa[i]*(skor[i]/skor[1])^2,i=0..2): # приведена маса
E_pr:=0.5*massa_pr*skor[1]^2: # приведена кінетична енергія меха-
нізму
plot(E_pr, t=0..k*n): # унаочнення результатів розрахунку

```

На рис. 4, як приклад, наведено графіки залежності від часу t динамічних показників механізму.

Отримані аналітичні вирази і графічні дані дають змогу оцінити вплив геометричних параметрів механізму и закону його руху на кінематичні і динамічні показники і перейти до стадій вирішення диференціальних рівнянь Лагранжа і розв'язання проблеми синтезу даного механізму.

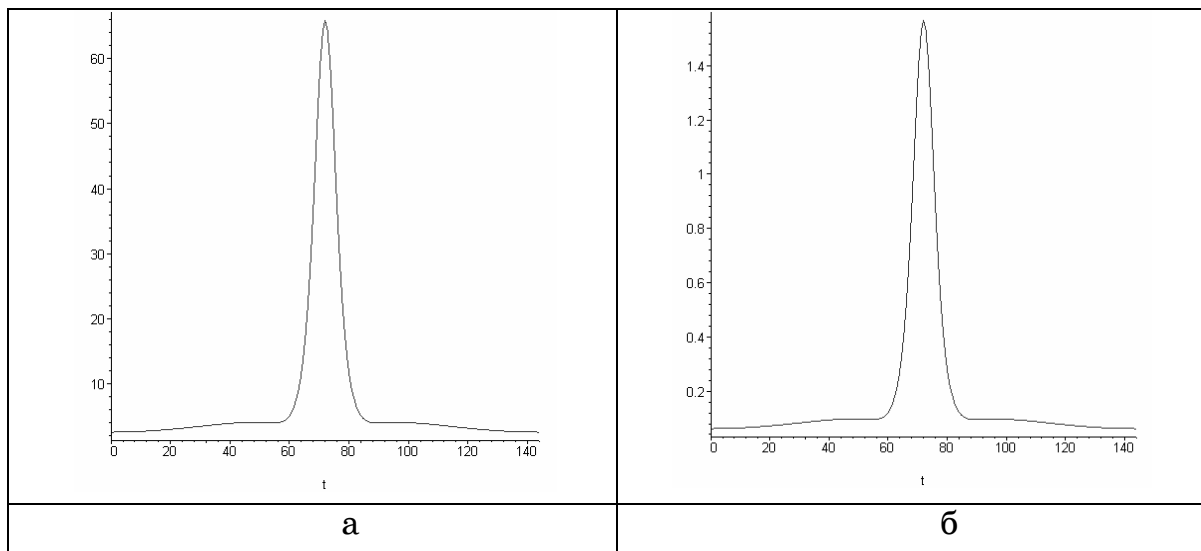


Рисунок 4 - Графіки приведеної маси (а) і кінетичної енергії (б) механізму в залежності від часу t .

Висновок. Розроблений алгоритм дозволяє унаочнити геометричну форму шатунної кривої механізму, та визначити вплив геометричних параметрів механізму на його кінематичні і динамічні характеристики.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дашкевич А. О. Геометричне моделювання дії епіциклоїдного механізму для тістомісильної машини // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. Вип. 4. Том 31. – С. 147 – 153.
2. Кожевников С. Н. Теория механизмов и машин: - М.: Машиностроение. – 1973. – 117 с.
3. Адашевська І. Ю, Запольський Л. Л. Дослідження шестиланкового механізму крокування для машин опорної прохідності // Геометричне та комп'ютерне моделювання. Харків: ХДУХТ, 2005. Вип. 10. – С. 112 – 119.
4. Дашкевич А. О. Дослідження епіциклоїдного роторно-планетарного механізму тістомісильної машини // Геометричне та комп'ютерне моделювання. Харків: ХДУХТ, 2006. Вип. 14. – С. 132 – 138.
5. Дашкевич А. О. Геометричне моделювання руху робочого органа тістомісильної машини // Геометричне та комп'ютерне моделювання. Харків: ХДУХТ, 2004. Вип. 6. – С. 112 – 116.

Получено 17.03.2006 г.

УДК 515.2

А.Т. Дворецкий

**МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОНЦЕНТРИРУЮЩИХ СИСТЕМ
НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ О КВАЗИФОКАЛЬНЫХ ТОЧКАХ И
ЛИНИЯХ**

Постановка проблемы. Для проектирования эффективных солнечных установок с принципиально новыми конструктивными схемами и с требуемыми характеристиками необходимо иметь способы и алгоритмы формообразования поверхности концентраторов при заданных параметрах формы и положения фокальной зоны. Это становится возможным, если в основу расчёта концентрирующей системы положена теория о квазифокальных точках и линиях.

Расчет распределения плотности сконцентрированного потока солнечной энергии на поверхности приемника и определение оптимальной концентрирующей системы для реализации требуемого распределения – достаточно сложная задача, решение которой должно осуществляться на единой методологической основе, учитывающей, прежде всего, пространственную картину отражения. Особую важ-

ность такие расчеты приобретают при проектировании солнечных установок с неподвижными концентраторами, в связи с перемещением фокальной зоны при движении солнца в течении суток и сезона.

© А.Т. Дворецкий, 2006

Анализ достижений и публикаций. Анализ литературных источников по проектированию солнечных установок с концентраторами, а также результатов исследований геометрии отражений, показал, что существует проблема оценки отражающих свойств неподвижных концентраторов при рассмотрении пространственной картины отражения, определения параметров формы и положения фокальной зоны при изменении направления падающих лучей.

В работах профессора Подгорного А.Л. использовались положения линейчатой геометрии и, в частности, описаны поверхности отражённых лучей, на которые расслаивается конгруэнция отражённых лучей [1].

На основе разработанной теории о квазифокальных точках и линиях [2,3] были предложены способы, алгоритмы, программы проектирования концентрирующих солнечных систем, которые позволяют усовершенствовать конструкции существующих солнечных установок, создавать новые типы солнечных установок с учетом пространственной картины отражений в условиях переменного облучения. Эти возможности подтверждены автором при разработке, изготовлении физических моделей концентрирующих систем и их испытании [4,5].

Цель статьи. Предложить методику проектирования концентрирующих солнечных систем на основе теории о квазифокальных точках и линиях, которая позволит при проектировании максимально учитывать форму и движение фокальной зоны.

Основная часть. Результаты исследований отражающих свойств поверхностей, полученные в предыдущих работах, способы и алгоритмы оценки отражающих свойств поверхностей и их формообразование позволяют предложить методику проектирования концентрирующих солнечных систем на основе теории о квазифокальных точках и линиях (рис. 1).

Один из признаков классификации солнечных установок есть вид получаемой энергии в результате преобразования. В связи с этим есть установки для получения электрической энергии и тепловой энергии. Исходя из этого определяется цель, например, создание ус-

тановки для преобразование солнечной энергии в тепловую с температурой теплоносителя 80 - 150°C.

Характеристика основных типов солнечных установок

Тип солнечного коллектора	Рабочая температура, °C	КПД (%) установки	Степень концентрации	Слежение за Солнцем
Плоский КСЭ	65	40	0	Не требуется
Неподвижный тороидальный концентратор	80 - 120	45	10 – 30	Вращение приёмника вокруг одной оси
Неподвижный конический концентратор	80 - 150	50	10 – 30	Вращение приёмника вокруг одной оси
Параболо-цилиндрический концентратор	400	60	10 – 100	Вращение установки вокруг одной оси
Неподвижный сферический концентратор	200 - 600	60	50 - 200	Вращение приёмника вокруг двух осей

Температура теплоносителя является определяющей в выборе принципиальной схемы концентрирующей системы. Если требуется спроектировать установку с температурой теплоносителя от 80° до 200° (технологическое тепло), то для этих целей подходят установки с неподвижными концентраторами со слежением приемника за Солнцем в одной плоскости (Табл. 1). Это установки со слабой концентрацией (< 100).

Тепло для индивидуального потребления с температурой до 80°C используется для снабжения жилых и промышленных зданий горячей водой. Технологическое тепло с температурой 80 - 150°C используется для отопления зданий, в технологиях с использованием пара (пропарка бетона, предварительная сушка кирпича, в прачечных и т. п.). Тепло для получения электроэнергии используется в виде перегретого пара с температурой > 200°C для вращения турбин.

На следующем этапе создаётся математическая модель концентрирующей системы с расчётом параметров формы и положения квазифокальной линии. Разработаны алгоритмы формообразования поверхности приемника с учетом формы квазифокальной линии и особых условий облучения приемника отраженным потоком солнечных лучей, а так же алгоритм определения формы и положения приёмника солнечной энергии границы зоны эффективной работы гелиостатов с учётом формы и положения квазифокальной линии[2,3].

Затем определяются реальные размеры концентратора и приёмника, технология изготовления отражающей поверхности концентратора (непрерывная или дискретная), материал приёмника и материал покрытия, разрабатывается принципиальная схема системы слежения за солнцем, рассчитываются скорости перемещения приёмника. Продолжительность работы в течение дня и сезона определяет ориентацию установки по азимуту и угловой высоте, границы поверхности концентратора, амплитуду движения приёмника. На основе созданной математической модели создается физическая модель установки и проводятся испытания. С учётом предложенной методики проектирования концентрирующих солнечных систем предложен ряд принципиальных схем солнечных установок с неподвижными концентраторами. Одна из них изображена на рисунке 2.

Поверхность концентратора состоит из кусков сферы, тора и цилиндра. Построены квазифокальные точки F^i для параллелей поверхности концентратора, которые определяют квазифокальную линию. С помощью отражений от граничных точек концентратора определены размеры фокальной зоны, а значит, размеры и форма приёмника (заштрихованная зона). Форма приёмника диктуется формой квазифокальной линии и предлагается в виде канальной поверхности, у которой линией центров образующих сфер является квазифокальная линия. При вертикальном расположении оси концентратора приёмник должен вращаться вокруг вертикальной оси с переменной скоростью при слежении за солнцем в течение светового дня. Алгоритм определения скорости движения приёмника приведен в статье [4].

Выводы. Проведенные в данной работе исследования предоставляют новые возможности в проектировании солнечных установок со степенью концентрации < 100 с неподвижными концентраторами. Опыт эксплуатации солнечных установок показывает, что при одина-

ковой производительности установки с концентраторами на 16% дешевле, чем установки без концентраторов.

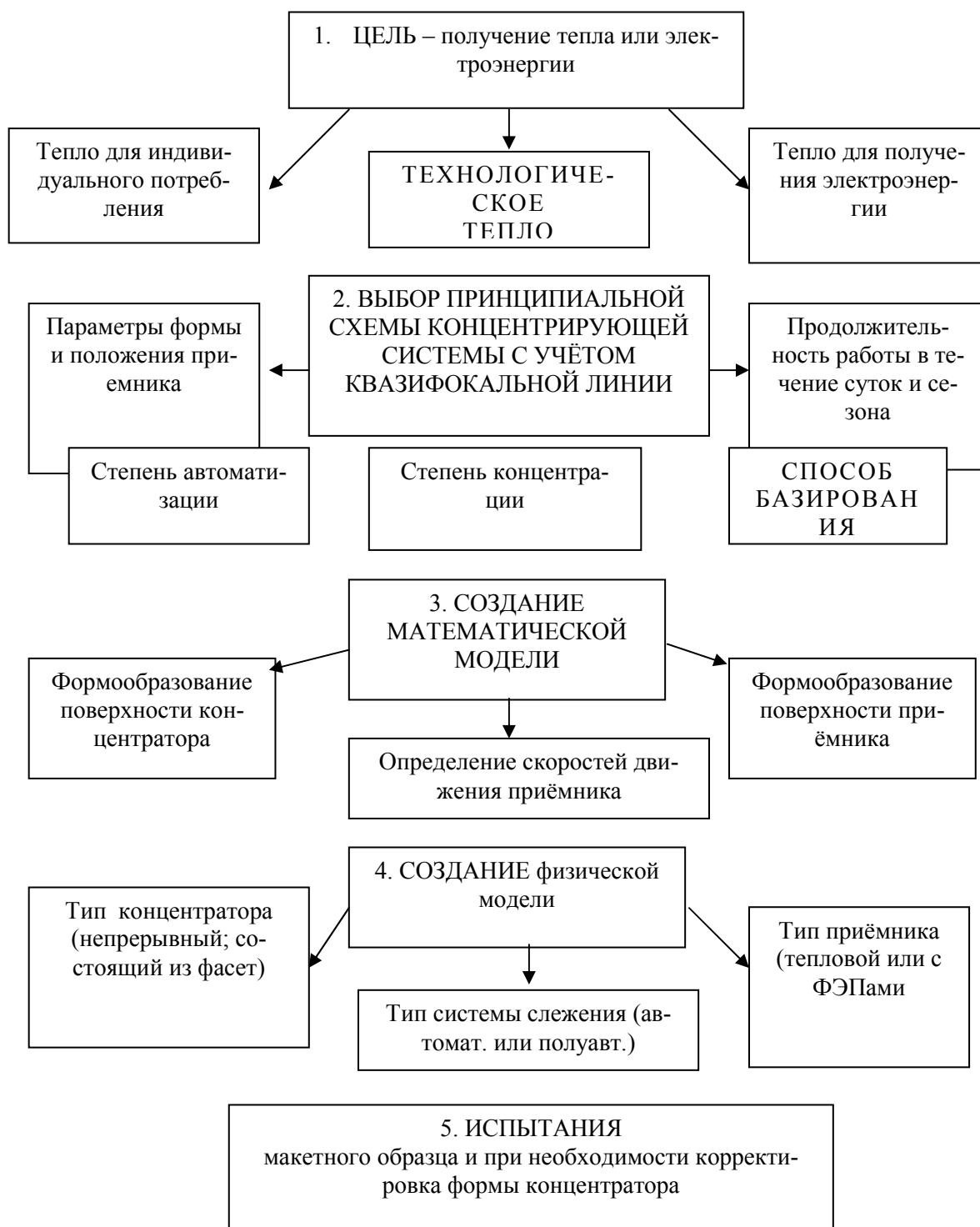


Рис. 1. Методика проектирования концентрирующей системы

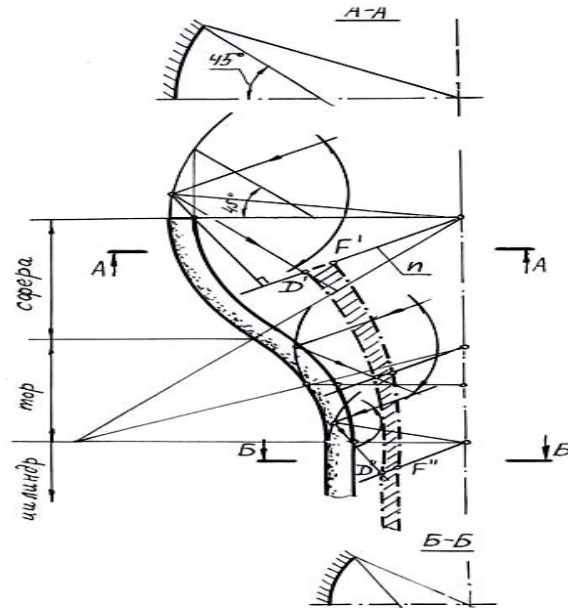


Рисунок 2 - Квазифокальная кривая и принципиальная схема концентрирующей системы с концентратором в виде составной поверхности

ЛИТЕРАТУРА

1. Подгорный А.Л. Поверхности отраженных лучей // Прикладная геометрия и инженерная графика. Киев. «Будівельник», 1975. – Вып. 20. С.13 – 16.
2. Дворецкий А.Т. Квазифокальная кривая при отражении от поверхностей вращения и каналовых поверхностей// Прикладная геометрия и инженерная графика. - К: Будівельник, 1993. - Вып. 55. – С. 35-38.
3. Дворецкий А.Т. The special points of reflected beams surfaces// Прикладна геометрия та інженерна графіка. –К.: КНУБА, 2002. - Вип. 70. – С. 208-213.
4. Дворецкий А.Т. Параметры движения приёмника в установках с неподвижным концентратором // Материалы украино-российской научно-практической конференции «Современные проблемы геометрического моделирования».-Харьков, 2005. – С. 96-99.
5. Дворецкий А.Т. Геометрические основы создания и оптимизации гелиоустановок для получения технологического тепла // Научно-практическая конференция „ Геометрическое и компьютерное моделирование: энергосбережение, экология, дизайн». – Симферополь, 2004. - С. 19-25.

Получено 27.03.2006 г.

ІНВЕРСІЯ ОРТОГОНАЛЬНИХ ПЛОСКИХ ТА ПРОСТОРОВИХ СІТОК

Постановка проблеми. Поверхнями із ортогональними сім'ями координатних ліній легше оперувати при їх математичному опису, оскільки середній член першої квадратичної форми дорівнює нулю. Особливе місце займають поверхні, у яких сім'ями ортогональних ліній є лінії кривини. До них зокрема відносяться торси однакового нахилу твірних, у яких однією сім'єю ліній кривини є прямолінійні твірні, а другою – ортогональні траєкторії до них. При перетворенні інверсією такі поверхні перетворюються на каналові, оскільки прямолінійні твірні переходять у кола – лінії кривини нової поверхні. Ортогональна плоска сітка перетвориться в ортогональну сітку на сфері.

Аналіз останніх досліджень. Формоутворення поверхонь на основі перетворення інверсією доцільно використовувати, якщо потрібно отримати поверхню, віднесену до сітки із ліній кривини. Перетворення інверсією циліндра, конуса тора в цикліди Дюпена показано в [1]. Деякі каналові поверхні та поверхні Іоакімсталя утворені методом інверсії в роботі [2]. В [3] розглядались питання перетворення площини, що дотикається до сфери інверсії.

Формулювання цілей статті. Запропонувати методи побудови поверхонь на основі перетворення інверсією плоских та просторових ортогональних сіток.

Основна частина. Для перетворення інверсією просторових ортогональних сіток використаємо поверхню однакового нахилу твірних, утворену напрямним еліпсом у горизонтальній площині і прямолінійними твірними із кутом нахилу β . В [4] побудовано зображення поверхні рівного нахилу, що спирається на еліпс як інтегральної поверхні диференціальних рівнянь у частинних похідних. Нами використана методика побудови наведена в праці [5].

Параметричні рівняння еліпса:

$$x = a \cos v; y = b \sin v; z = 0, \quad (1)$$

де a і b – велика та мала осі еліпса.

Запишемо параметричні рівняння лінійчатої поверхні [6]:

$$X = x + um; Y = y + ul; Z = z + un, \quad (2)$$

де $x = x(v)$, $y = y(v)$, $z = z(v)$ – рівняння напрямної кривої та її похідні; l, m, n – координати одиничного вектора, який задає напрям прямолінійної твірної в кожній точці напрямної, тобто теж є функціями параметра v ; u – довжина твірної – другий змінний параметр поверхні.

В даному випадку горизонтальна проекція прямолінійних твірних поверхні буде збігатися з нормаллями до напрямної кривої. Інша сім'я ортогональних ліній на горизонтальній проекції будуть складати еквідистанти до напрямної кривої. Тоді рівняння поверхні запишеться [7]:

$$X = a \cos v + u \frac{y'}{\sqrt{x'^2 + y'^2}}; Y = b \sin v + u \frac{x'}{\sqrt{x'^2 + y'^2}}; Z = f(u). \quad (3)$$

Щоб прямолінійні твірні на площині перетворились в прямолінійні твірні торса однакового нахилу потрібно щоб залежність розподілу по висоті еквідистантних ліній $Z = f(u)$ була лінійною $Z = u \tan \beta$.

Перейдемо до одиничного напрямного вектора. Знайдемо його модуль за формулою, беручи до уваги, що $n = \tan \beta$:

$$\sqrt{m^2 + l^2 + n^2} = \sqrt{1 + \tan^2 \beta} = \frac{1}{\cos \beta} \quad (4)$$

Розділимо кожну проекцію напрямного вектора на його модуль. Остаточні рівняння лінійчатої поверхні однакового нахилу твірних з врахуванням (4) і співвідношення між осями $b = \sqrt{2}a$ запишуться:

$$X = a \cos v + u \frac{\sqrt{2} \cos \beta \cos v}{\sqrt{1 + \cos^2 v}}; Y = \sqrt{2}a \sin v + u \frac{\cos \beta \sin v}{\sqrt{1 + \cos^2 v}}; Z = u \sin \beta. \quad (5)$$

На рис. 1,а за рівняннями (5) зображено поверхню однакового нахилу твірних з напрямним еліпсом у горизонтальній площині. Здійснимо перетворення отриманої просторової сітки інверсією відно-

сно сфери радіуса R . Отримана каналова поверхня буде віднесена до координатних ліній кривини. Розглянемо одну порожнину поверхні (5), обмежену ребром звороту [8].

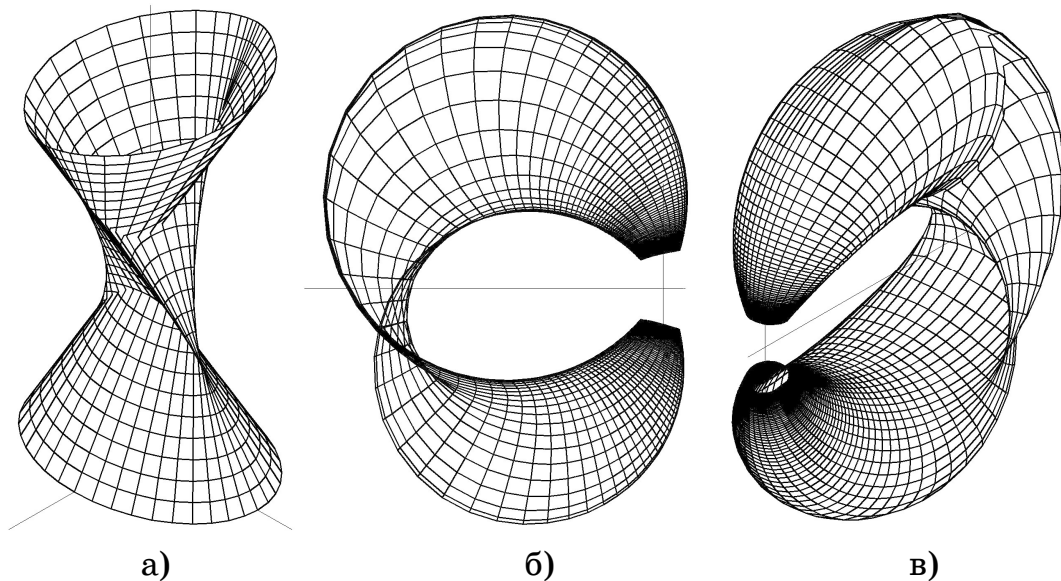


Рисунок 1 - Поверхня однакового нахилу твірних,
побудована за напрямним еліпсом

а – аксонометричне зображення поверхні; б – фронтальна проекція поверхні однакового нахилу твірних перетвореної інверсією ($R=40$); в – аксонометричне зображення поверхні

Горизонтальною проекцією ребра звороту для торсової поверхні однакового нахилу твірних буде еволюта напрямної кривої, що дещо спрощує його знаходження. Виключимо параметр u із двох перших рівнянь (5), як показано в [5], матимемо:

$$u = \frac{(x'^2 + y'^2)^{3/2}}{(x'y'' - y'x'')\cos\beta}, \text{ після підстановки частинних похідних отримемо:}$$

маємо:

$$u = -\frac{a(1 + \cos^2 t)^{3/2}}{\sqrt{2} \cos \beta}. \quad (6)$$

Підставивши (6) в (5) отримаємо рівняння ребра звороту торса однакового нахилу твірних, яке наразі обмежить лінійчасту поверхню (рис. 2,а). Після перетворення інверсією отримаємо каналову поверхню (рис. 2,б) віднесену до координатних ліній кривини однією сім'єю якої будуть частини кіл, в які перетворилася сім'я прямолінійних

твірних торса, іншу сім'ю будуть складати ортогональні до кіл просторові криві.

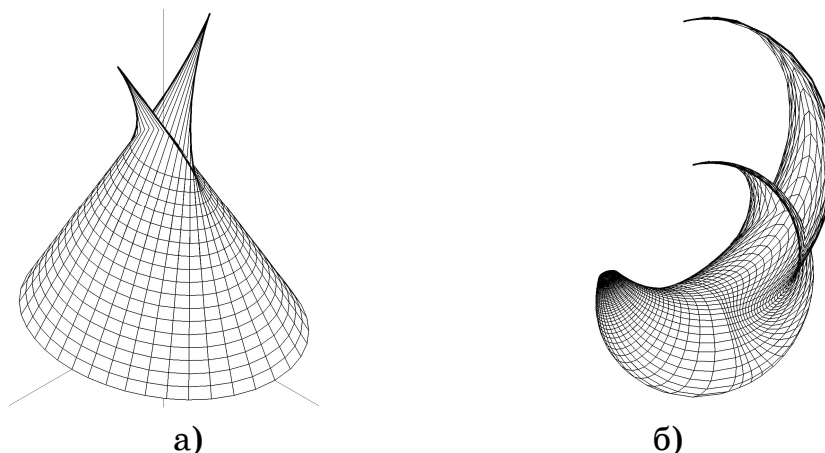


Рисунок 2 - Торсова поверхня однакового нахилу твірних обмежена ребром звороту

а – аксонометричне зображення поверхні; б – аксонометричне зображення поверхні після перетворення інверсією ($R=40$)

Для перетворення інверсією плоских ортогональних сіток використаємо сітки отримані в [7, 9]. Як відомо, при перетворення інверсією плоскої сітки на площині, буде утворена сітка на відсіку сфери. Якщо однією сім'єю плоскої ортогональної сітки є прямі лінії, то після інверсії вони перетворюються в кола на сфері. Як частковий випадок, коли центр інверсії знаходиться на площині, площина відобразиться в площину а кола чи прямі які проходять через центр відобразяться в прямі. На рис. 3,а задано фрагмент плоскої ортогональної сітки двома пучками ортогональних кіл. На 3,б показано фрагмент сфери який утворюють дві сім'ї ортогональних кіл, як результат інверсії плоскої сітки. На рис 3,в та 3,г ортогональні сітки утворені однопараметричною сім'єю прямих, дотичних до певної кривої та ортогональними до них еквідистантними траєкторіями. Сім'я ліній плоскої сітки утворює сім'ю кіл на сфері інша сім'я, – евольвент, – сферичні криві – ортогональні до кіл.

Висновки. Розглянуті в статті методи формоутворення поверхонь на основі перетворення інверсією дають змогу проектувати поверхні, віднесені до ліній кривини. При перетворенні торсів однакового нахилу твірних утворюються каналові поверхні, параметризовані лініями кривини. Плоскі ортогональні сітки при перетворенні утворюють сфери, віднесені до ліній кривини. Наведені методи

формоутворення дещо спрощують проектування і подальше дослідження поверхонь, оскільки ми маємо справу із спрощеними першою та другою квадратичними формами поверхні – середні члени першої та другої квадратичної форми дорівнюють нулю.

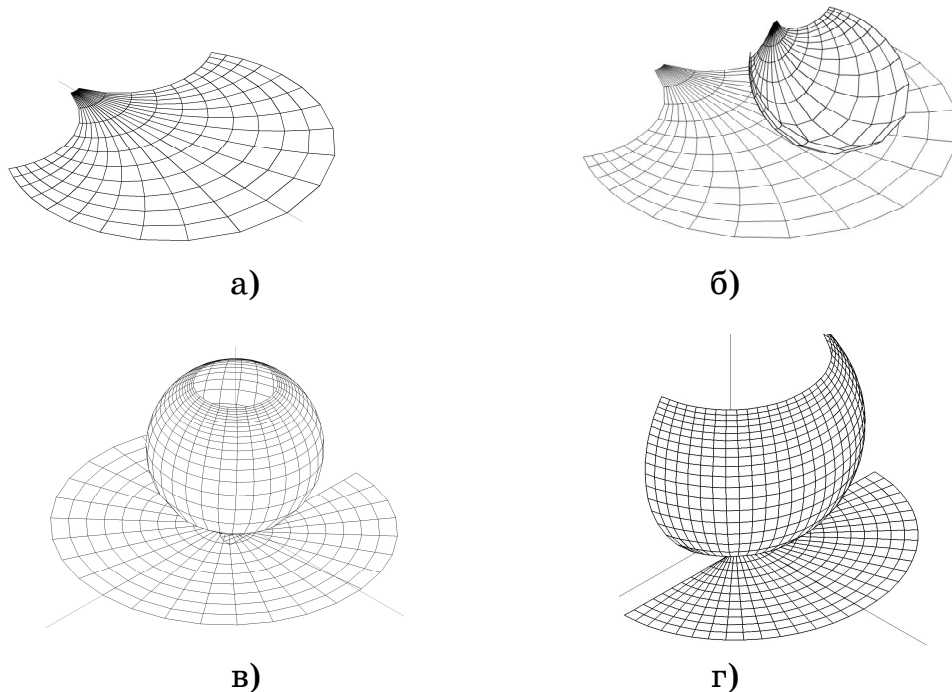


Рисунок 3 - Перетворення інверсією плоских ортогональних сіток
а – плоска сітка, утворена двома сім'ями ортогональних кіл; б – інверсія плоскої сітки, утвореної сім'ями кіл; в – плоска сітка із дотичних до евольвенти кола і ортогональних траєкторій та її інверсія; г – плоска сітка із дотичних до циклоїди і ортогональних траєкторій та її інверсія

ЛІТЕРАТУРА

1. Милинский В.И. Дифференциальная геометрия. -Л., 1934. -332 с.
2. Скидан І.А., Улицька Н.Ю. Проблема віднесення поверхні до сітки з ліній кривини // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. Вип. 4. Прикладна геометрія та інженерна графіка. Том 19. Мелітополь, 2003. – С.7-14.
3. Шепелєв В.В. Відображення площини на поверхню та його застосування. Автореферат дис. к-та наук. Донецьк: Донецький нац. техн. універ. Мін. освіти і науки України, 2005. -16 с.

4. Куценко Л.М. Розв'язання диференціального рівняння ейконал // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. Вип. 4. Прикладна геометрія та інженерна графіка. Том 23. Мелітополь: 2004.
5. Дзюба В.В. Конструювання поверхонь на основі плоских ортогональних сіток, однією сім'єю яких є однопараметрична множина прямих // Геометричне та комп'ютерне моделювання. – Харків: ХДУХТ, 2004. – Вип.8.- С.77-84.
6. Пилипака С.Ф. Конструювання поверхонь та їх неперервне згинання в кінцеві форми на основі управління натуральними параметрами. Докт. дис. – К.: Нац. аграрн. універ., 2000.
7. Пилипака С.Ф., Дзюба В.В. Методи побудови ортогональних сіток за властивостями еволют і евольвент // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. Вип. 4. Прикладна геометрія та інженерна графіка. Том 17. Мелітополь: 2002. – С.
8. Войтюк Д.Г., Пилипака С.Ф. Особливості руху матеріальної частинки по гравітаційних лінійчатих поверхнях // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. – Вип. 21. „Механізація сільськогосподарського виробництва”. – Харків: 2003. – С. 75-87.
9. Дзюба В.В. Заміна довільної сітки в площині на ортогональну // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – К.: КНУБА, 2003. – Вип. 72. – С. 194 -198.

Получено 16.03.2006 г.

ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ШЕСТИЛАНКОВОГО МЕХАНІЗМУ КРОКУВАННЯ

Постановка проблеми. Кінематична схема механізму крокування істотно впливає на побудову його системи повороту та системи адаптації до місцевості, що у значній мірі визначає ефективність схеми всієї машини, і, в підсумку, її прохідність, тягові властивості, економічність, надійність тощо [1]. Для розв'язання ряду технологічних задач раціонально використовувати крокуючі машини з найпростішою системою керування, що забезпечує її функціонування в заздалегідь обумовленому середовищі. При проектуванні крокуючого пристрою увагу привертає кінематична схема шестиланкового механізму крокування, досвід використання якої показує, що вона може забезпечити прийнятну структуру приводу.

Аналіз останніх досліджень. Всі механізми, які придатні для реалізації в транспортно-технологічних машинах опорної прохідності, так або інакше базуються на схемах крокуючих механізмів, запропонованих П.Л.Чебишевим [1, 2]. Цим було покладено початок конструюванню крокуючих пристроїв на основі траєкторного синтезу, при якому координата руху опорних точок здійснюється механічним способом за допомогою багатоланкових кінематичних ланцюгів.

В роботі [1] наведено схему шестиланкового механізму крокування, прийнятну для утворення необхідної форми траєкторії стопи. Але для такої схеми миттєві значення прискорень ланок досягають великих величин. Тому актуальними будуть дослідження, присвячені моделюванню шатунної кривої стопи згаданого механізму крокування, з метою вивчення її геометричної форми та її диференціальних параметрів в залежності від розмірів механізму [3-5].

Постановка завдання. Розробити алгоритм моделювання шестиланкового механізму крокування з метою дослідження геометричної форми шатунної кривої стопи, та швидкості і прискорення точок на її траєкторії.

© Л.Л.Запольський, А.П.Саворона, 2006

Основна частина. До головних вимог, які пред'являються до механіки крокуючих пристроїв, слід віднести наявність на траєкторії шатунної кривої стопи однієї з ділянок у вигляді відрізка, близького до прямої. Ця ділянка має розташовуватися зовнішнім образом стосовно ланок механізму, і на ній швидкість повинна бути майже постійною [6, 7]. Крім того, необхідна траєкторія стопи повинна утворюватися при повному обороті ведучої ланки механізму, і механізм крокування має бути зворотним (тобто він повинен забезпечувати „задній хід”). Для перевірки цих вимог необхідно мати алгоритм та програму геометричного моделювання механізму крокування, за допомогою якої можна визначити як наочну геометричну форму шатунної кривої стопи в залежності від лінійних параметрів механізму, так і диференціальні та інтегральні характеристики цієї кривої.

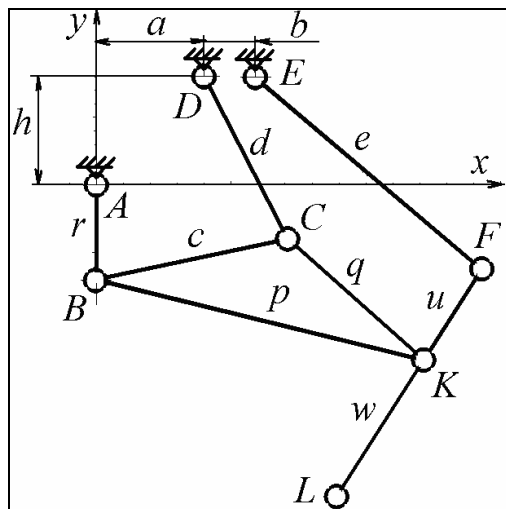


Рисунок 1 – Позначення елементів механізму

На рис. 1 наведено позначення, які обрано для моделювання шестиланкового механізму крокування. Дана робота є продовженням результатів робіт [3-5]. Для середовища математичного процесора Maple було складено програму анімаційного моделювання дії шестиланкового механізму крокування [3], в результаті виконання якої можна наочно простежити за формою шатунної кривої стопи механізму в залежності від параметрів $r, h, a, b, c, d, e, u, p, q$ і w .

Для тестового прикладу обрано наступні значення параметрів:

$r := 0.7:$	$h := 0.8:$	$a := 0.8:$	$b := 0.38:$
$c := 1.45:$	$d := 1.35:$	$e := 2.2:$	$u := 0.8:$
$p := 2.2:$	$q := 1.35:$	$w := 1.9:$	

В роботі [3] наведено кадри анімації руху шестиланкового механізму для різних значень кута повороту φ ведучої ланки, яка виходить з точки A. Там же відмічалось, що математичний процесор Maple, в принципі, дозволяє одержати рівняння шуканої шатунної кривої у аналітичному вигляді. Але воно буде занадто громіздким для використання на практиці. Тому у даному випадку інформацію про шатунну криву доцільно використовувати у вигляді масиву координат точок в залежності від кута φ повороту ведучої ланки. Вважається, що за допо-

могою складеної програми [3] вже обчислено координати точок $XL[i], YL[i]$ ($i=0..N$) шатунної кривої. Для її унаочнення за координатами вузлових точок можна використати оператор

`seq(line([XL[i],YL[i]],[XL[i+1],YL[i+1]]),i=0..N):`

На рис. 2 зображено варіант шатунної кривої, що відповідає значенням параметрів тестового прикладу. На рис.2 початкову точку позначено кружечком, а напрямок обходу кривої обрано за годинниковою стрілкою.

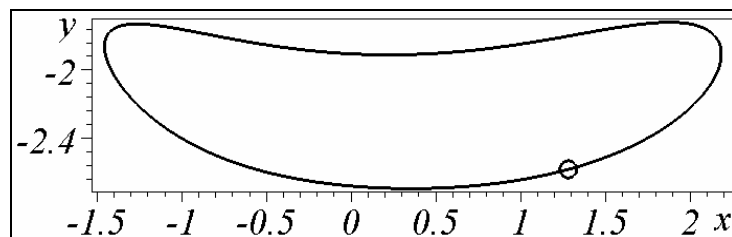


Рисунок 2 - Геометрична форма варіанту шатунної кривої, що відповідає значенням параметрів тестового прикладу

Для побудови графіка щільності розташування точок на шатунній кривій, графіка довжини шляху переміщення точки по цій кривій, та графіків швидкості і прискорення точок на шатунній кривій за координатами її вузлових точок було складено програму:

Керуючим параметром формоутворення кінематичної кривої є кут повороту $0 < \varphi < 2\pi$ ведучої ланки, яка виходить з точки А, тобто кут обертання кривошипу АВ (рис. 1). При цьому обертання вважається рівномірним. Незважаючи на це, точки на шатунній кривій будуть розташовані нерівномірно. На рис. 3 наведено графіки „щільності” розташування точок для певних ділянок шатунної кривої.

На рис. 4 зображено графіки швидкості і прискорення руху точки по шатунній кривій.

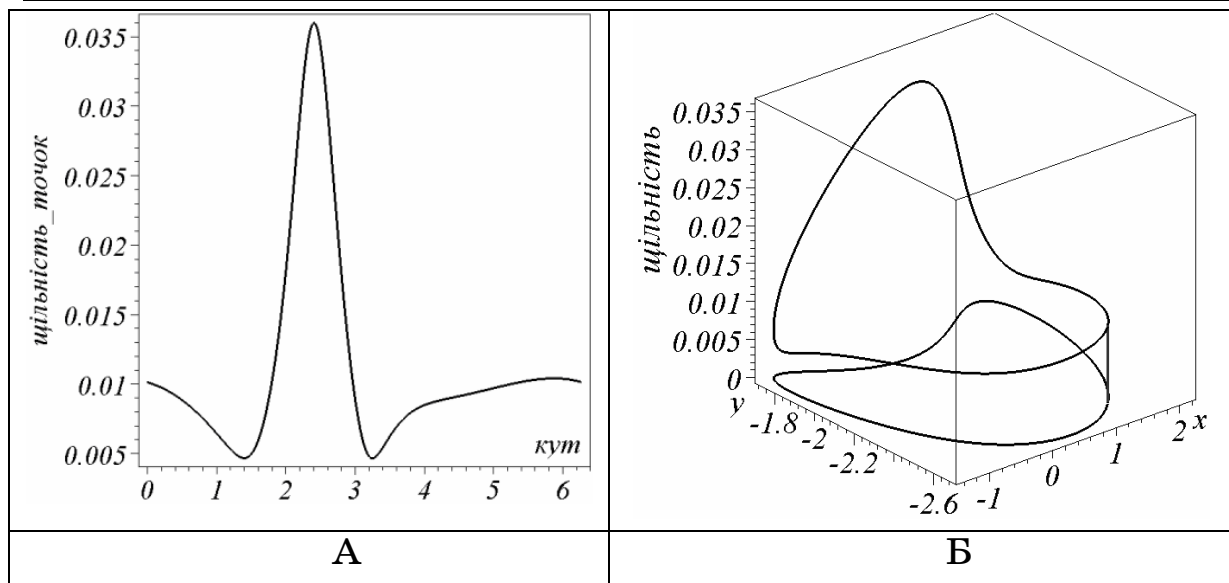


Рисунок 3 - Графіки „щільності” розташування точок
для певних ділянок шатунної кривої в залежності від кута ϕ

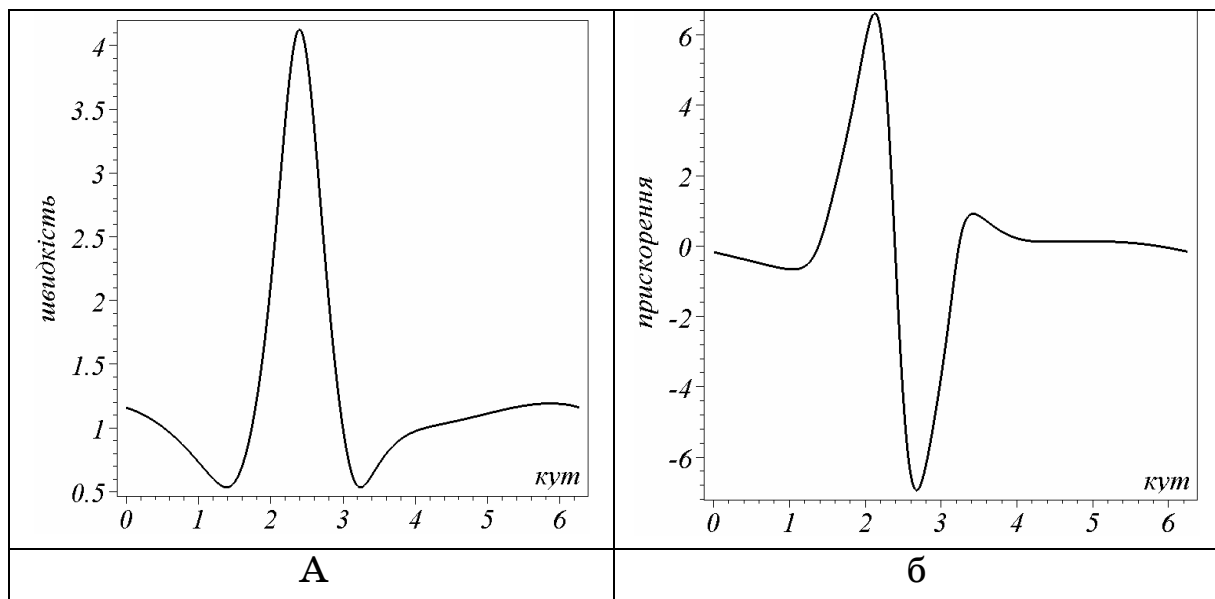


Рисунок 4 - Графіки швидкості (а) і прискорення (б)
точки по шатунній кривій в залежності від кута ϕ

Геометричне моделювання дозволяє визначити межі зміни кута ϕ , які забезпечують побудову певних ділянок шатунної кривої. Наприклад, прямолінійна її ділянка повинна бути сформована тоді, коли величина кута знаходиться (наближено) в межах $0,2 < \phi < 1,7$. А у наведеному прикладі така ділянка характеризується ординатами точок: -2.648837; -2.670570; -2.684947; -2.692480; -2.693577; -2.688480; -2.677218; -2.659600; -2.635228; -2.603538; -2.563858.

Сумарне відхилення точок від прямої може служити і функцією мети при пошуку комбінації параметрів $r, h, a, b, c, d, e, u, p, q$ і w , які б забезпечили існування прямолінійної ділянки на шатунній кривій.

Висновки. Розроблений алгоритм дозволяє унаочнити геометричну форму шатунної кривої стопи механізму крокування, та визначити вплив кожного параметра на форму цієї кривої.

ЛІТЕРАТУРА

1. Динамика и управление движением многоногих статически устойчивых шагающих машин. Результаты федеральной целевой программы по госконтракту от 27 августа 2003 г. № Ц3034/1929 <http://dtm.vstu.ru/research/scresearchr.html>.
2. Полное собрание сочинений П.Л.Чебышева. Том 4. Теория механизмов. - М.: Изд.АН СССР, 1948. – 320 с.
3. Куценко Л.М., Адашевська І.Ю. Шестиланковий механізм крокування для машин опорної прохідності // Геометричне та комп'ютерне моделювання. Харків: ХДУХТ, 2005. Вип. 9. - С. 82-89
4. Адашевська І.Ю., Запольський Л.Л. Дослідження шестиланкового механізму крокування для машин опорної прохідності // Геометричне та комп'ютерне моделювання. Харків: ХДУХТ, 2005. Вип. 10. - С. 112-119
5. Адашевська І.Ю., Запольський Л.Л. Основні типи механізмів крокування для машин опорної прохідності // Праці / Таврійська державна агротехнічна академія. - Вип. 4. Прикладна геометрія та інженерна графіка. - Т. 29. - Мелітополь: ТДАТА, - 2005 - С. 79 - 83
6. Охоцимский Д.Е., Голубев Ю.Ф. Механика и управление движением автоматического шагающего аппарата – М.: Наука, 1984, с. 271-283.
7. Новожилов И.В., Зацепин М.Ф. Типовые расчеты по теоретической механике на базе ЭВМ. - М.: Высшая школа, 1986 - 264 с.

Получено 16.03.2006 г.

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ МЕТОДА ПОСТРОЕНИЯ ЛИНИЙ УРОВНЯ НА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Постановка проблемы. При построении линий уровня на поверхностях земельных участков существующими методами возникает погрешность, которая приводит к снижению точности определения координат водотоков и водоразделов. Известные методы построения линий уровня допускают погрешность, сравнимую с шагом координатной сетки для определения аппликат. Для обеспечения точности, необходимой для практических целей, нужно выполнить слишком большой объем измерений, что связано со значительными затратами трудовых ресурсов. В связи с этим возникает необходимость разработки способа повышения точности построения линий уровня.

Анализ последних исследований. В работе [1] нами был описан алгоритм метод построения линий уровня, который заключается в следующем. Положим, что проекция Q_H исследуемого участка поля на горизонтальную площадь имеет форму прямоугольника длиной a и шириной b . На данной проекции построена равномерная прямоугольная сетка S , в узлах которой получены аппликаты при помощи GPS системы¹. Метод построения ломаной линии, приближенно представляющей линию уровня, основан на следующем утверждении.

Утверждение. Пусть в декартовой системе координат заданы (рис. 1):

- поверхность Q , которая описывается уравнением $z=f(x,y)$, где $f(x, y)$ – непрерывная функция;
- линия уровня g , полученная в результате пересечения поверхности Q с секущей плоскостью, имеющей уравнение $z=h$;
- отрезок $A_1 A_2$ на плоскости xOy .

Проекцию линии уровня g на плоскость xOy обозначим g_H .

© Л А.И. Караев, В.В.Кузьминов, 2006

Достаточное условие пересечения проекции g_H линии уровня g с отрезком $A_1 A_2$ может быть записано в виде:

¹ GPS (Global Positioning System) – система, предназначенная для навигационных измерений [2]

$$(f|_{A_1} - h) \cdot (f|_{A_2} - h) \leq 0$$

Координаты вершин искомой ломаной находятся следующим образом. Сначала по периметру исследуемого участка на основании утверждения находятся отрезки, которые пересекаются с искомой линией уровня. Координаты точек пересечения находятся методом линейной интерполяции. Каждому из таких отрезков A_1A_2 соответствует конечное множество отрезков на сетке, которое зависит от места расположения отрезка A_1A_2 на сетке S . Из этого множества выбирается тот из отрезков, который содержит точку пересечения с искомой линией уровня. Построение ломаной завершается, если отсутствуют отрезки сетки S , смежные отрезку A_1A_2 и пересекающиеся с линией уровня.

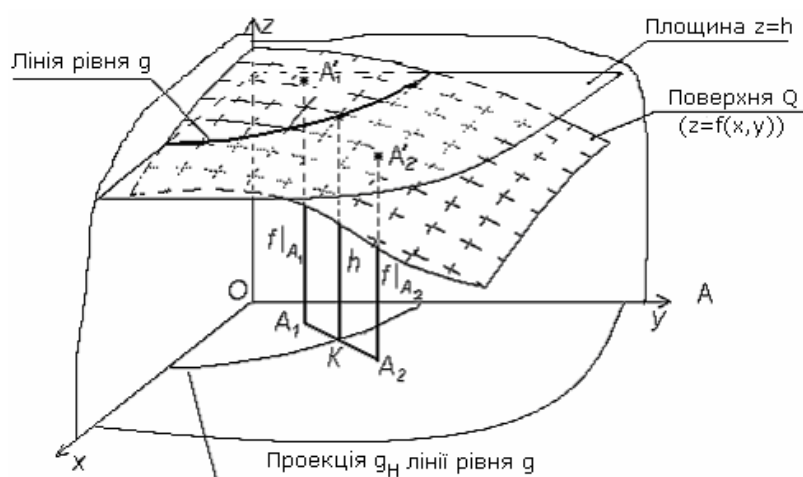


Рисунок 1 – Графическая иллюстрация утверждения

Цель исследований. Обоснование рабочей гипотезы разработки способа, повышающего точность метода построения линий уровня и учитывающего стохастичность поверхности почвы.

Основная часть. Найдем погрешность вычислений координат линий уровня вышеизложенным методом при наложенном ограничении на величину уклона поверхности почвы в произвольной точке $|\operatorname{tg} \alpha| \leq t$.

Пусть исследуется отрезок A_1A_2 длины τ (рис. 2).

Положим, что $z(A_2) > z(A_1)$, и введем декартову систему координат $x'Oz'$ таким образом, что точка A_1 – окажется в начале координат, ось Ox' – расположена горизонтально и совпадает с направлением проекции A_1A_2 на горизонтальную плоскость. Поверхность почвы пересекается плоскостью $x'Oz'$ по некоторой кривой m .

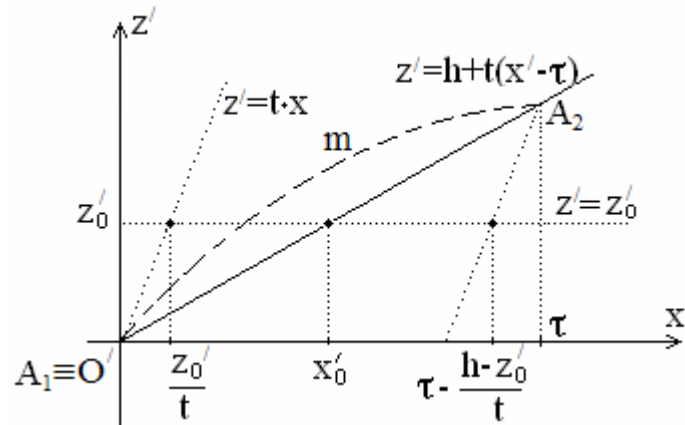


Рисунок 2 – К выводу максимальной абсолютной погрешности линейной интерполяции

Пусть $z(A_2) - z(A_1) = h$. Определим максимальную погрешность Δx , которую можно допустить при определении абсциссы x'_0 точки линии уровня, имеющей в данной системе координат аппликату z'_0 . Координата вершины ломаной, аппроксимирующей линию уровня, вычисленная методом линейной интерполяции, равна $x'_0 = \tau \frac{z'_0}{h}$. Так как во всех точках кривой m уклон удовлетворяет ограничению $|\operatorname{tg} \alpha| \leq \tau$, то кривая обязательно окажется в одной полуплоскости с A_2 относительно прямой $z' = t \cdot x'$, поэтому минимальным возможным значением для x'_0 будет $\frac{z'_0}{t}$. На том же основании кривая m окажется в одной полуплоскости с A_1 относительно прямой $z' = h + t \cdot (x' - \tau)$, а максимально возможным значением x'_0 будет $\tau - \frac{h - z'_0}{t}$.

Тогда погрешность определения координаты вершины ломаной будет удовлетворять неравенству:

$$\begin{aligned} \Delta x &\leq \max \left(\frac{\tau \cdot z'_0}{h} - \frac{z'_0}{t}, \tau - \frac{h - z'_0}{t} - \frac{\tau z'_0}{h} \right) = \max \left(z'_0 \left(\frac{\tau}{h} - \frac{1}{t} \right), \tau - \frac{h}{t} - z'_0 \left(\frac{\tau}{h} - \frac{1}{t} \right) \right) = \\ &= \max \left(\frac{z'_0}{h} \left(\tau - \frac{h}{t} \right), \left(\tau - \frac{h}{t} \right) \cdot \left(1 - \frac{z'_0}{h} \right) \right) \end{aligned}$$

Очевидно, что эта величина наименьшая при $z_0' = \frac{h}{2}$:
 $\Delta x \leq \frac{1}{2} \left(\tau - \frac{h}{t} \right)$, и наибольшая при $z_0' \rightarrow 0$ или $z_0' \rightarrow h$, при этом
 $\Delta x \leq \tau - \frac{h}{t}$. Таким образом, метод гарантирует точность

$$\Delta x \leq \tau - \frac{h}{t}. \quad (1)$$

Приведем численный пример расчета погрешности метода построения линий уровня.

Пусть поверхность почвы задана аналитически:

$$z(x, y) = 0.7 + 0.5 \left(\sqrt{(x - 0.5)^2 + 0.0004} - x \right) + 0.1 e^{-40(x - 0.65)^2 - 40(y - 0.5)^2}. \quad (2)$$

Зададимся координатной сеткой с шагом 0.2 (в условных единицах). Графическое отображение данной поверхности представлено на рисунке 3.

Максимальный уклон $\operatorname{tg} \alpha$ в точках данной поверхности составляет $t=1$.

1) Рассмотрим отрезок, соединяющий точки с координатами $(0; 0.2; z(0; 0.2))$ и $(0.2; 0.2; z(0.2; 0.2))$ (на рисунке 3 – отрезок №1). Для него $z(0; 0.2) \approx 0.9502$, $z(0.2; 0.2) \approx 0.7503$, $h = z(0; 0.2) - z(0.2; 0.2) \approx 0.1999$.

Максимальная ошибка по формуле (1) $\Delta x_{\max} = 0.2 - \frac{0.1999}{1} = 0.0001$.

Допустим, что необходимо найти абсциссу точки пересечения отрезка №1 и линии уровня с аппликацией 0.85. Если для ее нахождения воспользоваться методом линейной интерполяции, получим значение

$x_0^* = 0.2 - \frac{0.2}{0.9502 - 0.7503} \cdot (0.85 - 0.7503) \approx 0.10025$. Значение абсциссы x_0

точки поверхности, имеющей ординату $y=0.2$ и аппликату $z=0.85$, вычислим, решив уравнение $z(x_0; 0.2) = 0.85$, где $z(x, y)$ - находится по формуле (2). Решение получено с помощью программной оболочки Maple V. Приближенное значение корня этого уравнения $x_0 \approx 0.10025$. Таким образом, в данном случае точность удовлетворительна для любых практических целей.

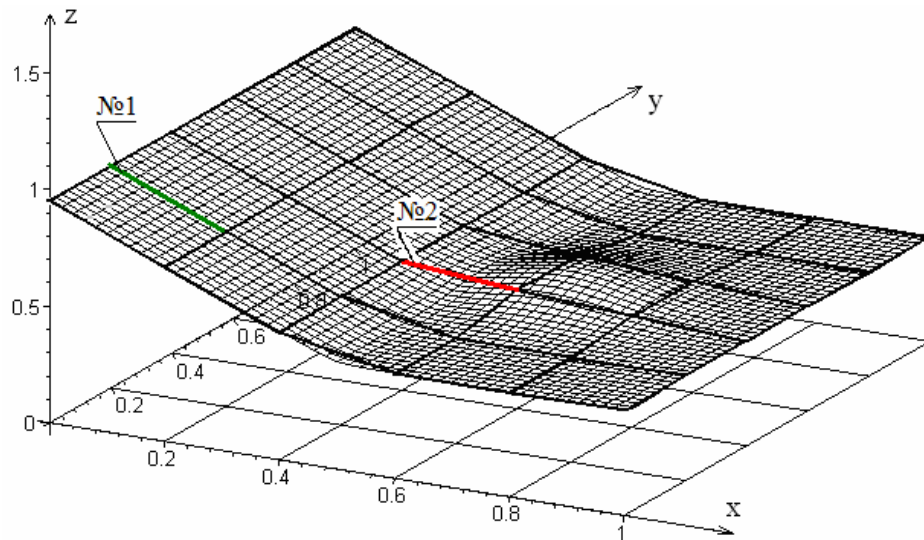


Рисунок 3 - Графическое отображение поверхности численного примера

2) Рассмотрим отрезок, соединяющий точки с координатами $(0,4;0,4;z(0,4;0,4))$ и $(0,6;0,4;z(0,6;0,4))$ (на рисунке 3 – отрезок №2). Для него $z(0,4;0,4) \approx 0,5565$, $z(0,6;0,4) \approx 0,5116$, $h = z(0,4;0,4) - z(0,6;0,4) \approx 0,0449$. Максимальная ошибка по формуле (1*)

$$\Delta x_{\max} = 0,2 - \frac{0,0449}{1} = 0,1551.$$

Допустим, что необходимо найти абсциссу точки пересечения отрезка №2 и линии уровня с аппликатой 0,52. Значение абсциссы, вычисленное методом линейной интерполяции, равно

$$x_0^* = 0,6 - \frac{0,2}{0,5565 - 0,5116} \cdot (0,52 - 0,5116) \approx 0,5626$$

Значение абсциссы x_0 точки поверхности, имеющей ординату $y=0,4$ и аппликату $z=0,52$, вычислим, решив уравнение $z(x_0;0,4)=0,52$, где $z(x,y)$ - находится по формуле (2). Приближенное значение корня $x_0 \approx 0,4440$. Погрешность метода в данном случае составляет 0,1186. Если предположить, что сторона участка составляет 5м, то погрешность определения абсциссы превысит 0,5 м, что значительно снижает точность определения элементов микрорельефа (водотоков и водоразделов) по таким исходным данным.

Из вида формулы (1) и приведенного численного примера следует, что на участках, в которых тангенс угла наклона отрезка A_1A_2 достаточно велик по модулю (модуль приближается к максимальному

значению t), линейная интерполяция гарантирует высокую точность нахождения координат точки линии уровня. Однако, если угол наклона отрезка A_1A_2 близок к нулю, то возможная ошибка определения координат точки линии уровня близка к шагу сетки. Для практических вычислений такой точности недостаточно, так как построение сетки с малым шагом сопряжено с большими затратами труда и времени. Поскольку поверхность почвы по своей природе не является регулярной поверхностью, а является стохастической поверхностью, повышение порядка интерполяции не гарантирует повышения точности.

Возможный способ повышения точности метода заключается в следующем. Будем считать, что координата точки пересечения линии уровня с A_1A_2 – не однозначно определенная и является стохастической величиной. Зададимся уровнем значимости γ , тогда на отрезке A_1A_2 аппликата линии уровня будет соответствовать не одна точка, а «доверительный интервал». Это означает, что с вероятностью γ точка пересечения линии уровня и отрезка A_1A_2 принадлежит этому интервалу. Таким образом, вся линия уровня будет определена областью, в которой она находится, причем площадь этой области зависит от уровня значимости γ .

Тогда алгоритм реализации рабочей гипотезы способа повышения точности метода построения линий уровня может быть представлен в вербальной форме:

1. Для каждого из отрезков, на котором точность метода неудовлетворительна, строим функцию распределения координат точки пересечения отрезка с линией уровня, считая поверхность почвы стохастической, проходящим через известные узлы. Задавшись необходимым уровнем значимости, находим на каждом из таких отрезков доверительный интервал. Сгустив соответственно кривые, соединяющие концы этих доверительных интервалов, получим доверительную область для линии уровня.

2. Если часть этих доверительных интервалов имеет большую длину, чем допустимая погрешность определения координат точек линии уровня, в этой части поверхности следует уменьшить шаг сетки в 2 раза (т. е. определить аппликаты промежуточных точек) и повторить определение доверительных интервалов с учетом вновь полученной информации.

Выводы.

1. Для получения доверительных интервалов, описанных в пункте 1 вербального алгоритма, необходимо разработать метод построения функции распределения $f(x,y,z)$ аппликаты точки поверхности с координатами (x,y,z) по известным аппликатам в узлах прямоугольной сетки.

2. Возможный вариант построения такого метода:

1) формировании минимально достаточного множества, состоящего из равномерных координатных сеток со значениями аппликат в узлах;

2) моделировании случайной поверхности (а именно, поверхности, у которой аппликата каждой из точек является стохастической величиной), проходящей через точки с известными координатами, измеренными в узлах сетки, и удовлетворяющей требованиям непрерывности и ограниченности уклона в произвольной точке $|tg\alpha| \leq t$;

3) установлении эмпирических законов распределения аппликат точек для некоторой выборочной совокупности промежуточных (неузловых) точек и выборочной совокупности случайных поверхностей;

4) установлении эмпирической зависимости закона распределения аппликаты произвольной точки от координат x и y этой точки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Караев О. Г., Кузьмів В. В. Алгоритм побудови ліній рівня на ділянках ґрунтів // Прикладна геометрія та інженерна графіка: Праці ТДАТА. – Вип. 4. - Том 28. – Мелітополь: ТДАТА, 2004. – С. 37-46.
2. Руководство пользователя GPS системы ProMark 2. – Украина: Навигационно-геодезический центр, 1997.

Получено 06.04.2006 г.

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ РОЗБИВАННЯ З УРАХУВАННЯМ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ РІВНОМІРНИХ ХАРАКТЕРИСТИК НА ТОЧКОВІЙ МНОЖИНІ

Постановка проблеми. Значний клас важливих практичних задач оптимізації може бути зведеним до задач оптимального розбивання заданої точкової множини на відповідні підмножини. Це й задачі територіального планування сфери обслуговування [1], задачі розподілу посівних угідь, задачі, що виникають при плануванні територіально розподілених підсистем сфери цивільного захисту і т. ін. Тому моделювання вищенаведених задач розбивання є актуальною проблемою сьогодення.

Аналіз останніх досліджень. Математичним методам оптимального розбивання множини присвячено праці О.М. Кисельової, наприклад [1, 2]. Але в даних роботах задача оптимального розбивання розглядається в математичній постановці і не розглядається як задача геометричного проектування. В роботах Ю.Г. Стояна та його учнів, наприклад [3, 4], зазначено, що до класу задач геометричного проектування, тобто до задач, пов'язаних із перетворенням геометричної інформації, належать задачі розміщення, покриття та розбивання. Але задачі оптимального розбивання як задачі геометричного проектування також не розглядалися. В зв'язку з цим, моделювання задач розбивання з урахуванням геометричних властивостей множини та підмножин розбивання є актуальним.

Постановка завдання. Нехай задана деяка множина S_0 у просторі R^2 , яка у загальному випадку є неопуклою та багатозв'язною і являє собою φ - об'єкт [3]. На цій множині розповсюджена рівномірна характеристика $f(x, y) = A$, ($A = \text{const}$), яка в інтегральному вигляді для i -тої підмножини може бути записана наступним чином:

$$M_i = \iint_{S^i} f(x, y) dx dy = A \cdot S^i, \quad (1)$$

де S^i - площа i -тої підмножини.

Введемо на i -тій підмножині наступну функцію:

$$\xi_i(S_i) = S^i - S^{i1}, \quad (2)$$

де S^{i1} - задана площа i -тої підмножини.

© В.М. Комяк, О.М. Соболев, 2006

Необхідно розбити задану множину (рис. 1) на підмножини S_i , $i = 1, \dots, n$, таким чином, щоб функція мети досягала свого екстремального значення, підмножини не перетиналися, будь яка точка множини S_0 належала певній підмножині S_i , та виконувалася наступна умова:

$$\xi_i(S_i) = 0. \quad (3)$$

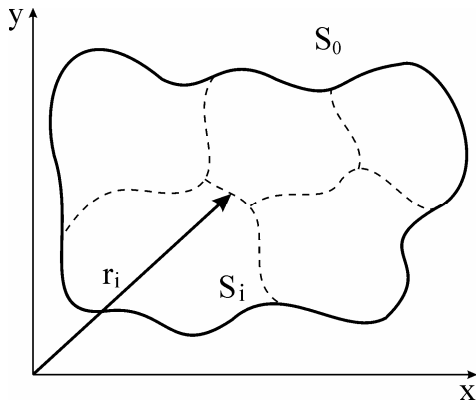


Рисунок 1

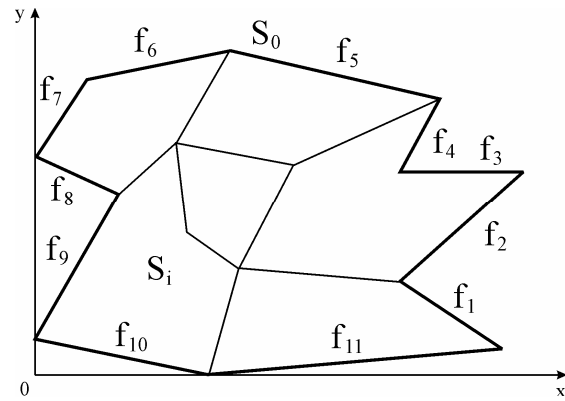


Рисунок 2

Необхідно зазначити, що у подальшому множина S_0 розглядається з кусочно-лінійною границею.

Основна частина. Математична модель для даної задачі розбивання наведена в роботі [5]. Область припустимих рішень є обмеженою та неперервною. Розглянемо метод розв'язання задачі.

Як правило, значна кількість методів мінімізації цільової функції є пов'язаною з визначенням початкового наближення до локального мінімуму. Для визначення початкового наближення в задачах розбивання точкової множини на підмножини будемо використовувати дерево розв'язків, яке для множини, наведеної на рис. 2, має наступний вигляд:

$$\begin{aligned} S_1: & f_1, \dots, f_{11}, (f_1, f_2), \dots, (f_{11}, f_1), \dots, (f_{11}, f_1, \dots, f_{10}) \\ & f_1, \dots, f_{11}, (f_1, f_2), \dots, (f_{11}, f_1), \dots, (f_{11}, f_1, \dots, f_{10}) \\ S_2: & f'_1, \dots, f'_l, (f'_1, f'_2), \dots, (f'_l, f'_1), \dots, (f'_l, f'_1, \dots, f'_{l-1}) \\ & f'_1, \dots, f'_l, (f'_1, f'_2), \dots, (f'_l, f'_1), \dots, (f'_l, f'_1, \dots, f'_{l-1}) \\ & \vdots \\ & S'_0 = S_0 \setminus S_1, \dots \end{aligned}$$

На рівнях дерева для підмножини S_i записуються сторони та комбінації сторін «поточної» множини розбивання, тобто для під-

множини S_1 «поточною» є множина S_0 , для підмножини S_2 - $S'_0 = S_0 \setminus S_1$, і. т.д., тобто йде процес послідовної побудови всіх підмножин. Таким чином, побудова i -тої підмножини розбивання здійснюється так, щоб цільова функція для цієї підмножини досягала свого локального мінімуму. Слід зауважити, що наведене дерево розв'язків дозволяє отримати всі можливі підмножини розбивання, що задовольняють вимогам задачі.

Після вибору елементів дерева розв'язків, що відповідають підмножині S_j , початкове наближення до локального мінімуму цільової функції можна отримати за допомогою наступних гіпотез:

Гіпотеза 1. Кожна підмножина має одну «внутрішню» вершину, тобто вершину, що належить «поточній» множині розбивання (S_0 , S'_0 , ...).

Гіпотеза 2. Для визначення «внутрішньої» вершини P (рис. 3) використовується наступна система рівнянь:

$$\begin{cases} \xi_j(S^i) = 0; \\ r'_j - r''_j = 0. \end{cases} \quad (4)$$

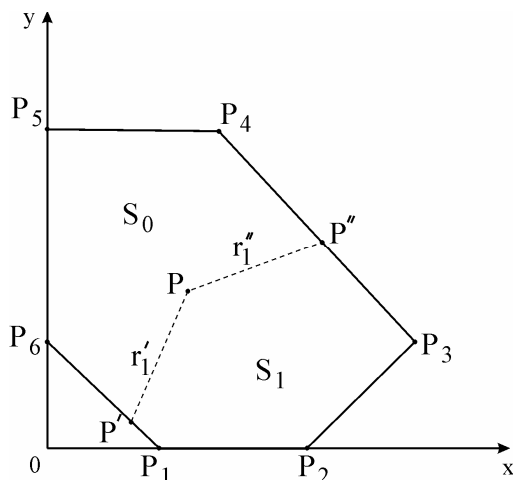


Рисунок 3

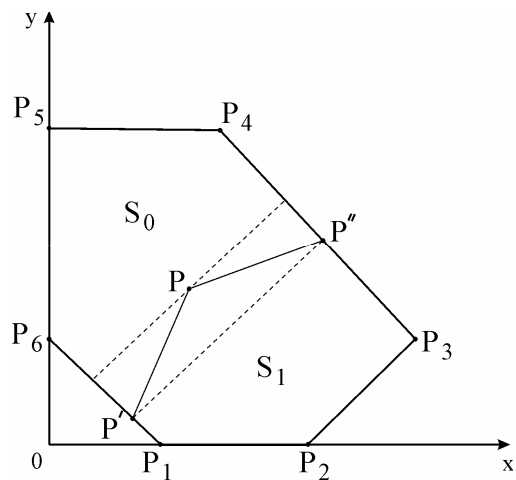


Рисунок 4.

Надалі можна записати модифіковану цільову функцію, використовуючи штрафні та бар'єрні функції [6], та звести задачу пошуку локального мінімуму до послідовності задач безумовної мінімізації модифікованої цільової функції одним з відомих методів, наприклад, методом Ньютона або квазіньютонівськими методами. Але такий підхід є неефективний в зв'язку з наступними причинами:

- модифікована цільова функція може бути дуже громіздкою і необмеженою знизу, що призводить до використання значних обчислювальних ресурсів для її мінімізації;

- модифікована цільова функція може змінювати свій вигляд в процесі мінімізації (наприклад, функція у вигляді суми максимальних діаметрів підмножин розбивання), що може призвести до зациклювання методу або, навіть, до отримання неправильного розв'язку задачі.

У зв'язку з цим запропоновано використовувати підхід, що враховував би геометричні особливості задачі розбивання точкової множини.

Нехай для певної підмножини розбивання отримане початкове наближення, наведене на рис. 4. Тоді змінними цільової функції будуть координати точок $P(x_P, y_P)$, $P'(x_{P'}, y_{P'})$ та $P''(x_{P''}, y_{P''})$. Переміщення точок P' та P'' обмежено, відповідно, відрізками P_6P_1 та P_3P_4 . Точка P переміщується уздовж прямої, що паралельна $P'P''$ і обмежена сторонами P_6P_1 та P_3P_4 . Отже, кількість змінних із 6-ти зменшується до 3-х. Здійснюючи переміщення точок P , P' та P'' вздовж відповідних відрізків, необхідно локалізувати інтервал знаходження мінімуму цільової функції і застосовувати, наприклад, метод золотого перерізу [6]. Таким чином, задачу мінімізації цільової функції з 3-ма змінними можна звести до 3-х задач одновимірної безумовної мінімізації, що розв'язуються паралельно.

В результаті проходження по певній гілці дерева розв'язків, отримуємо наближення до локального мінімуму цільової функції для системи побудованих підмножин (як наслідок послідовної побудови підмножин). Після перебору всіх гілок дерева розв'язків отримуємо множину наближень до локальних мінімумів, із якої обираємо мінімальне значення.

Необхідно відзначити, що наведений метод розв'язання є достатньо універсальним, тобто цільова функція може бути як лінійною, так і нелінійною, гладкою або негладкою. Також при використанні наведеного методу не відбувається зациклювання.

На основі розробленого методу було створене програмне забезпечення в середовищі Delphi (цільова функція – сума максимальних діаметрів підмножин).

Висновки. В даній роботі розглянуто моделювання задач розбивання з урахуванням розповсюдження рівномірних характеристик на

точковій множині. Наведені результати свідчать про необхідність розробки методів пошуку локального мінімуму цільової функції для системи підмножин, побудованої під час проходження по певній гілці дерева розв'язків. Перебір отриманої множини локальних мінімумів дозволить визначити глобальний мінімум цільової функції.

ЛІТЕРАТУРА

1. Киселева Е.М. Математические методы оптимального разбиения множеств и их приложения. – Днепропетровск: ДГУ, 1982. – 108 с.
2. Киселева Е.М. Решение одной задачи оптимального разбиения с размещением центров тяжести подмножеств// Ж. вычисл. матем. и матем. физики. - 1989. - № 5.
3. Стоян Ю.Г., Яковлев С.В.. Математические модели и оптимизационные методы геометрического проектирования. – К: Наукова думка, 1986. – 268с.
4. Яковлев С.В., Гиль Н.И., Комяк В.М. и др. Элементы геометрического проектирования. – К: Наукова думка, 1995. – 240 с.
5. В.М. Комяк, О.М. Соболев. Математична модель задачі розбивання множини на підмножини з урахуванням обмежень у вигляді рівностей та нерівностей // Вестник Херсонского национального технического университета. Вып. 2(22). – Херсон: ХНТУ. – 2005. – С. 152-156.
6. Гилл Ф., Мюррей У., Райт М. Практическая оптимизация. – М.: Мир, 1985. – 509 с.

Получено 16.03.2006 г.

УДК 76: 515.2

И.А.Кузнецова

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВИЗУАЛЬНОГО ВОСПРИЯТИЯ ОБЪЕКТОВ ДИЗАЙНА, ДЕКОРАТИВНО-ПРИКЛАДНОГО И ИЗОБРАЗИТЕЛЬНОГО ИСКУССТВА

Постановка проблемы и ее связь с важными научными или практическими заданиями. Изменение визуального восприятия любых объектов с течением времени требует изменения основополагающих концепций, лежащих в основе создания дизайн- проектов,

которые подготавливают к выпуску продукцию в определенный период времени. На существование смены двух основополагающих концепций в изображении объектов изобразительного искусства указывал еще Вельфлин Г. в первой половине XX в., назвав их «линейной» и «живописной» концепциями.

© И.А.Кузнецова, 2006

При создании дизайн-проекта любого изделия, не только существенно дорогостоящего (например, в автомобиле-, авиа- или судостроении), но и любого объекта графического, промышленного или дизайна среды, на первый план в условиях рыночной экономики выходит прогнозирование актуальности особенностей визуального восприятия на текущем этапе жизни общества. Отделы маркетинга при позиционировании и сегментировании проектируемой продукции могут давать предварительные рекомендации, а затем проверять разработанные дизайнерами проекты с точки зрения рекомендаций текущего или прогнозируемого периода времени. Для Украины на современном этапе приоритетность этой проблемы просматривается довольно рельефно. Обеспечение внешнего и внутреннего рынка высокоэстетичными конкурентоспособными товарами является наиболее рациональным путем развития экономики Украины. Возрождение утраченных или забытых национальных традиций в декоративно-прикладном искусстве имеет не только социально-культурное, но и экономическое значение. Увеличение выпуска изделий “народных промыслов”, продажа их на отечественном и внешнем рынках в современных условиях невозможно без привлечения к процессу проектирования и производства новейших средств и технологий, использование традиционных и новых материалов. Поэтому проблема прогнозирования требует глубокого исследования, создания специальных методик и соответствующих программ.

Анализ последних исследований и публикаций. Ссылки на основных авторов предыдущих публикаций обобщены в [3-8]. Модели в дизайне Азрикана Д., Глазычева В., Колейчука В., Кузьмичева Л., Сидоренко В., Ульяновского А. и др. созданы для решения определенных задач дизайн - проектирования и не носят прогностический характер. Модели Нигматулиной Ю. и Иваницкого Г. имеют прогностический характер, но не совпадают с целями автора исследований. Работы Арнхейма Р., Боумана У., Веккера Л., Гибсона Дж., Глейзера

В.Д., Грановской Р., Демидова В., Лановенко О., Хогарта У. и др. направлены на визуальное восприятие различных объектов с точки зрения психологии и психофизиологии и являются базисом для дальнейших исследований автора. Кибернетический подход с позиций теории информации и математического анализа использован Голицыным Г. Дехтярем А., Куценко Л., Модем А., Сазоновым К., и др., что позволило автору статьи использовать параметр «информация» в создании математической модели [5]. Дриккером А. [1] выдвинут принцип информационного ускорения. Автор статьи также использует его для создания математической модели. Исследования Кагана М., Евина И., Рыжова В., Копчика В. [2] на основе работ Пуанкаре А., Пригожина И., Хакена Г. подводят к пониманию отдельных аспектов синергетики в искусствоведении. Идея использования фазового пространства в искусствоведении без детальной проработки есть в работах Генисаретского О. и Мильмана А. В работе Боднара О. она используется для решения проблемы взаимосвязи явления филотаксиса с Модулом Ле Корбюзье. Работы Кальоти Дж., Постона Т., Стюарта Я. по восприятию полимодальности изображений служат автору базисом для создания математической модели восприятия как обоснование параметра «количество деталей». Количественные методы исследования в искусствоведении Осгуда Ч., Петрова В., Иваненко Ю. и др. направлены только на анализ ранее созданных объектов дизайна, декоративно-прикладного и изобразительного искусства (ДДПИИ). Исследования Яковлева Н., Савчака Н., Заварзина О. Цоя Н. и др. направлены на изучение геометрии в технической эстетике и ориентированы на процесс создания объектов ДДПИИ. Прогностического характера вышеуказанные работы не имеют.

Сущность данной проблемы в целом состоит в разработке и создании визуально-графической модели прогнозирования восприятия объектов ДДПИИ и ее математической интерпретации.

Выделение нерешенных частей общей проблемы, которым посвящена данная статья. Необходимо обеспечить целостность системы за счет создания такой модели, в основу которой положена логическая мотивация и визуально-графическая интерпретация изменения восприятия объектов ДДПИИ. А для этого нужны соответствующие теоретические исследования. Научные исследования в создании моделей дизайн-проектирования, визуального восприятия объектов

ДДПВИ, изменения визуального восприятия во времени достигли такого уровня, при котором необходима разработка таких методов и моделей, которые бы согласовывали разнообразные известные данные. Кроме того, ориентация работы на решение указанных практических потребностей требует рассмотрения дополнительных факторов, учитывающих прогнозирование. Данная работа нацелена на устранение указанных недостатков путем разработки принципиально новых моделей и усовершенствования существующих методик. Она соединяет известные и разработанные автором принципы для решения вопроса прогнозирования изменения визуального восприятия объектов ДДПВИ во времени. Причиной создания комплексной модели изменения восприятия объектов ДДПВИ служит концептуальная недостаточность моделей: 1) дизайн-проектирования; 2) визуального восприятия объектов ДДПВИ; 3) изменения визуального восприятия во времени; 4) прогнозирования. Опубликованная автором статья по математическому моделированию прогнозирования цикличности восприятия объектов ДДПВИ [5] вызвала много вопросов. Выяснилась необходимость пояснения автором положений, опубликованных в различных источниках.

Цель статьи. Схематизация пояснения созданной автором качественной теории прогнозирования особенностей визуального восприятия объектов ДДПВИ как базиса математической модели.

Основная часть. Оценка визуального восприятия объектов ДДПВИ потребовала объяснений основных положений, по которым объект исследований классифицировался как объект ДДПВИ. В таблице 1 предложены основные отличительные черты объектов природы, искусства и техники.

Таблица 1

Основные отличительные черты объектов природы, искусства и техники.

	Объекты природы	Объекты искусства	Объекты техники
Вмешательство человека	-	+	+
Работа мозга творца	-	+	+
Работа рук специалиста	-	+	+

Самовозникновение без человека	+	-	-
Образное отображение определенного содержания	-	+	-
Использование природы для пользы	-	-	+

Автором статьи решены следующие задачи:

1. Исследование дизайна как разновидность синтеза науки, искусства и техники;
2. Исследование моделирования визуального восприятия объектов дизайна, декоративно-прикладного и изобразительного искусства;
3. Исследование характерных черт процесса изменения восприятия объектов ДДПИИ;
4. Определение базиса для создания математического аппарата прогнозирования;
5. Определение внешних качественных факторов, определяющих изменение восприятия объектов ДДПИИ;
6. Создание математической модели прогнозирования особенностей визуального восприятия объектов ДДПИИ.
7. Внедрение результатов работы в практику дизайна, декоративно-прикладного и изобразительного искусства.

В процессе решения этих задач:

1. дизайн был исследован как разновидность синтеза искусства, науки и техники в аспекте системной полифункциональности и особенностей восприятия (например, в [3]).
2. Усовершенствована система типовых моделей в дизайн – проектировании [4].
3. Впервые предложено фазовое пространство в качестве базового при прогнозировании цикличности элементов объектов ДДПИИ.
4. На базе визуально – графических интерпретаций существующих теорий культуроциклов предложена общая теория социокультурной динамики, исходя из особенностей восприятия авторов теорий социокультурной динамики.

5. Впервые произведен качественный анализ прогнозирования цикличности элементов в объектах ДДПИИ на базе Солнечной Активности [6].

6. Впервые на базе синергетики и теории информации предложены параметры «количество деталей» и «информация» для прогностической системы дифференциальных уравнений моделирования восприятия объектов ДДПИИ. Впервые указан учет коэффициентов: регионального, технологического, маркетингового, исторического, подстилающей поверхности. Впервые создана система дифференциальных уравнений прогнозирования цикличности восприятия элементов в объектах ДДПИИ на базе Солнечной активности и геоколебаний [5].

Обобщение проведенных исследований предложено на рисунках 1 и 2. На рисунке 1 изображена схема основных свойств визуального восприятия объекта ДДПИИ как образа.

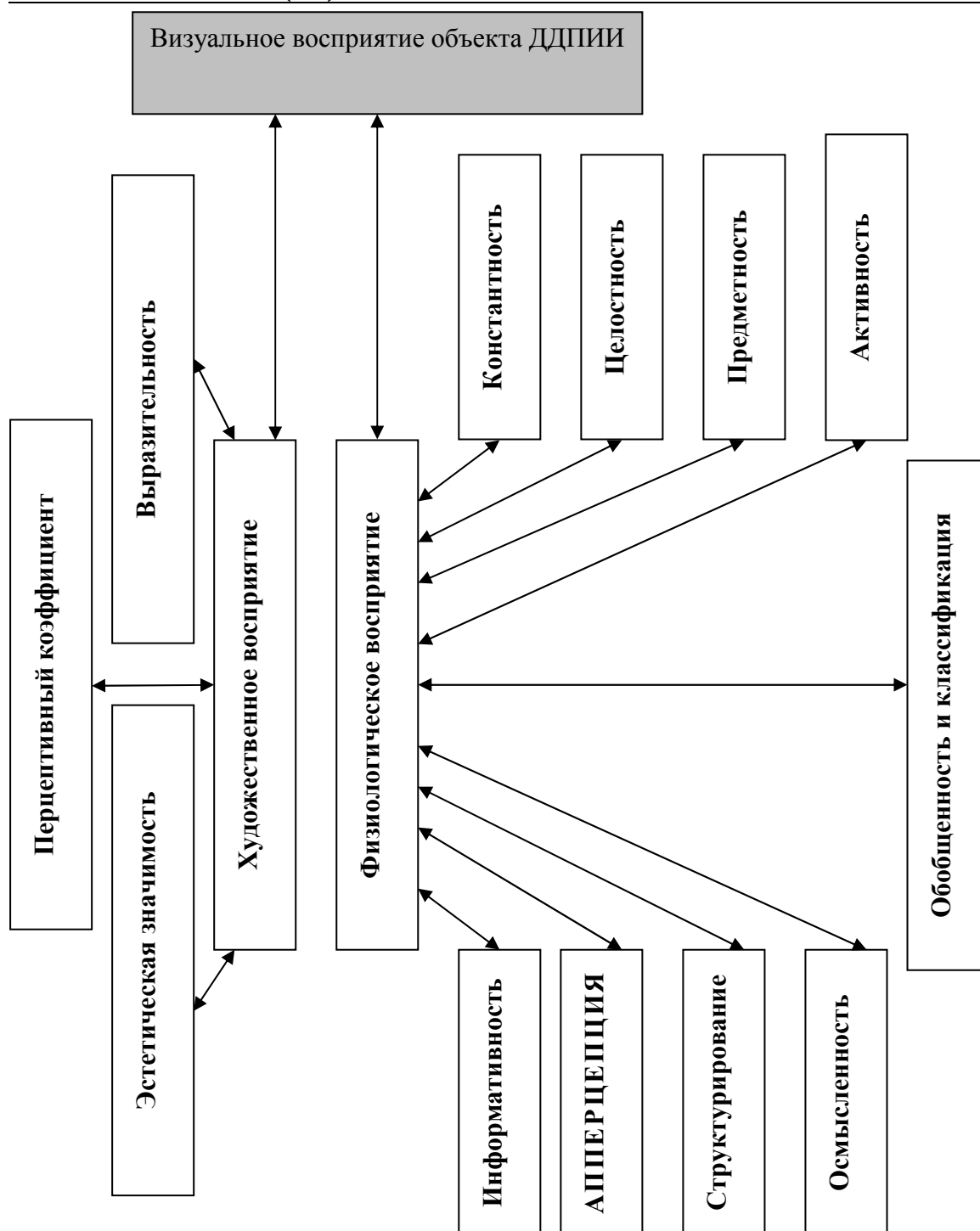


Рисунок 1. – Схема основных свойств визуального восприятия объекта ДДПИИ как образа

Далее моделирование объекта ДДПИИ производится в пространстве как образа в определенном контексте (рисунок 2, нижняя часть).

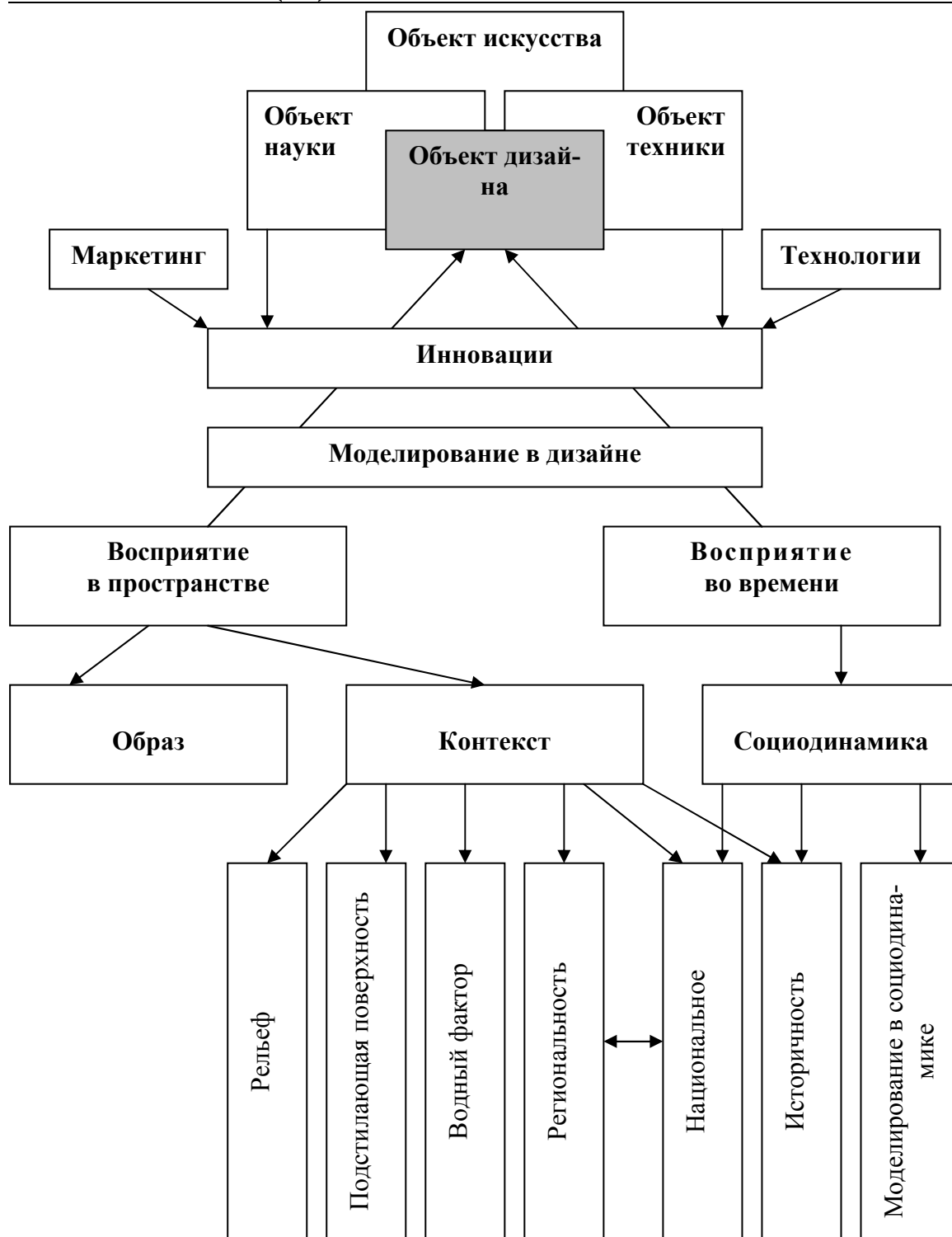


Рисунок 2 – Качественная модель визуального восприятия объектов дизайна

Контекстность подразумевает учет рельефа, подстилающей поверхности, водного фактора, региональности. Моделирование восприятия во времени учитывает связь с существующими моделями в социодинамике, с историческим и национальным фактором.

При создании модели визуального восприятия объекта дизайна необходимо учитывать уровень инноваций, а сам объект дизайна рассматривать в контексте разновидности синтеза науки, искусства и техники.

Выводы. Предложены обобщающие схемы: 1) объектов дизайна в контексте общих закономерностей объектов природы, искусства и техники (таблица 1); 2) основных свойств визуального восприятия объекта ДДПИИ (рисунок 2); 3) качественной модели визуального восприятия объекта дизайна.

Практическое значение полученных результатов: 1) Разработанная автором математическая модель [5] позволяет прогнозировать изменение восприятия объектов технического и графического дизайна, декоративно-прикладного и изобразительного искусства во времени, и, таким образом, давать рекомендации и анализировать спрос проектируемых изделий на определенный период времени. Эти рекомендации могут служить основой прикладных оптимизационных задач. 2) Разработан пакет программ на базе формулы Ципфа и хаусдорфовой размерности. Алгоритмы и интерфейсы могут служить основой разработки как учебных, так и коммерческих программ и базы данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дриккер А.С. Принцип информационного ускорения и цикличность в художественной культуре./ Информационный подход в науках о человеке. – Таганрог: ТРТУ, 2001. – С. 27-33.
2. Копчик В.А., Рыжов В.П., Петров В.М. Этюды по теории искусств: Диалог естественных и гуманитарных наук. – М.: Объединенное гуманитарное издательство, 2004. – 368 с.
3. Кузнецова И.А. Дизайн как разновидность синтеза искусства, науки и техники / Геометрическое и компьютерное моделирование: энергосбережение, экология, дизайн. Сб. научных трудов Киевского национального университета технологий и дизайна. Спецвыпуск. – К.: Випол, 2004. – С.282-291.
4. Кузнецова И.А. К вопросу моделирования объектов искусства и дизайна / Геометричне та комп'ютерне моделювання. Вип.8. - Харків: Харк. держ. університет харчування та торгівлі, 2004.- С.144-151.

5. Кузнецова И.А. Модели прогнозирования цикличности восприятия объектов искусства и дизайна на базе синергетики / Збірник наукових праць Київського національного університету технологій та дизайну (спецвипуск). Доповіді другої кримської науково-практичної конференції «Геометричне та комп'ютерне моделювання: енергозбереження, екологія, дизайн». - К.:КНУТД, 2005. – С.301-309.
6. Кузнецова И.А. Прогнозирование цикличности дизайна и искусства на базе Солнечной активности и геоколебаний. / Традиції та новації у вищій архітектурно-художній освіті. Зб. наук. прац. Випуск- 1-2 – Харків: ХДАДМ, 2003. – С.12-16.
7. Кузнецова І.О. Про моделювання візуального сприйняття об'єктів дизайну // Геометричне та комп'ютерне моделювання. - Харків: ХДТУХТ, 2005. - Вип. 12. - С.101- 106.
8. Кузнецова І.О. Сучасні аспекти вивчення візуального сприйняття об'єктів мистецтва і дизайну // Вісник Харківської державної академії дизайну і мистецтв. – Харків: ХДАДМ, 2004.- С.26-32.

Получено 25.03.2006 г.

Л.Н.Куценко, И.Ю.Адашевская, В.М.Шатохин

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФАЗОВЫХ ПОРТРЕТОВ КОЛЕБАНИЯ ДВОЙНОГО МАЯТНИКА

Постановка проблемы. Маятниковые колебательные системы широко используются в конструкциях молотилок, морских бакенов, развлекательных аттракционов, виброгасителей и т. п. Среди таких устройств наибольший интерес представляет многосвязные маятники [1]. Поэтому актуальными будут разработки в области алгоритмического обеспечения программ моделирования колебаний многосвязного маятника, позволяющие изучать аналогичные процессы путем визуализации фазовых портретов, а также при помощи анимационного моделирования взаимного положения звеньев маятника.

Анализ последних исследований. Для описания колебаний маятника используют уравнение Лагранжа 2-го рода $\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial u'_i} \right) - \frac{\partial L}{\partial u_i} = 0$ ($i=1,2,3, \dots$); здесь u'_i - производные по времени t от обобщенных координат $u_i(t)$, и где обозначено $L = K - P$ (K - кинетическая энергия, P - потенциальная энергия) [2, 3]. Однако в случае нестандартных маятниковых систем, например, для «магдебургского» либо «коромыслового» маятника, представляет определенные сложности этап составление уравнений Лагранжа. Исключить ошибки на этом этапе можно путем использования автоматических способов синтеза подобных уравнений. Известны способы решить указанную задачу, например, в среде MatLab в разделе Simulink, однако полученные выражения отличаются от привычного формульного вида. Это повлияло на то, что в качестве математического пакета для синтеза дифференциальных уравнений был выбран математический процессор Maple [3, 4].

Формулировка целей статьи. Для среды процессора Maple необходимо разработать метод автоматического синтеза системы дифференциальных уравнений Лагранжа (на примере описания колебаний маятника), составить программу ее решения по заданным начальным условиям, а также построить фазовые портреты на основе полученных решений.

Основная часть. Рассмотрим двойной маятник (рис. 1), состоящий из стержней длины L_1 и L_2 , на которые в точках A и B прикреплены шары с массами m_1 и m_2 . Обобщенными координатами выберем углы $u(t)$ и $v(t)$.

Тогда положения грузов будет описываться четырьмя тождествами:

$$x_A = L_1 \sin u; \quad y_A = L_1 \cos u;$$

$$x_B = x_A + L_2 \sin v; \quad y_B = y_A + L_2 \cos v.$$

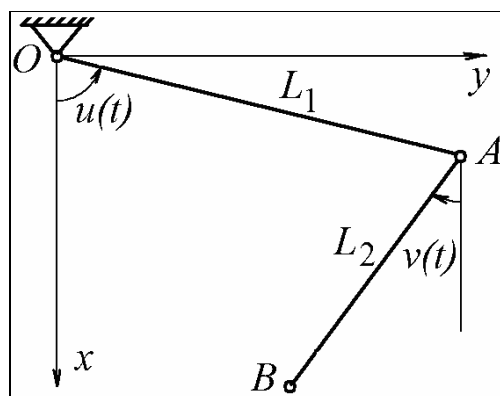


Рисунок 1 – Схема двойного маятника

Описание колебаний двойного маятника при условии отсутствия диссипативных сил осуществим на основе уравнений Лагранжа

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial u'} \right) - \frac{\partial L}{\partial u} = 0; \quad \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial v'} \right) - \frac{\partial L}{\partial v} = 0,$$

(1)

где u' и v' - производные от обобщенных координат u и v ; $L = K - P$.

Кинетическую энергию системы маятников определим в виде

$$K = \frac{m_1(x_A'^2 + y_A'^2)}{2} + \frac{m_2(x_B'^2 + y_B'^2)}{2},$$

(2)

а потенциальную энергию выразим через обобщенные силы

$$P = -9,8(m_1 + m_2)y_A - 9,8m_2y_B.$$

(3)

Для автоматического формирования (синтеза) системы уравнений Лагранжа используем Maple-оператор **subs (X=A,B)**, позволяющий в выражении B заменить подвыражение X на выражение A .

В результате выполнения операторов языка Maple получим последовательность формул:

$$\begin{aligned} dT_U &:= \text{subs}(W = \text{diff}(u(t), t), \\ &\quad \text{diff}(\text{subs}(\text{diff}(u(t), t) = W, K), W)); \\ dT_U &:= m1 \, L1^2 \left(\frac{d}{dt} u(t) \right) + m2 \, L1 \, L2 \left(\frac{d}{dt} v(t) \right) \cos(-u(t) + v(t)) + m2 \, L1^2 \left(\frac{d}{dt} u(t) \right) \\ dT_V &:= \text{subs}(W = \text{diff}(v(t), t), \\ &\quad \text{diff}(\text{subs}(\text{diff}(v(t), t) = W, K), W)); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 dT_V &:= m2 \, L1 \left(\frac{d}{dt} u(t) \right) L2 \cos(-u(t) + v(t)) + m2 \, L2^2 \left(\frac{d}{dt} v(t) \right) \\
 dT_U_dt &:= \text{diff}(dT_U, t); \\
 dT_U_dt &:= m1 \, L1^2 \left(\frac{d^2}{dt^2} u(t) \right) + m2 \, L1 \, L2 \left(\frac{d^2}{dt^2} v(t) \right) \cos(-u(t) + v(t)) \\
 &\quad - m2 \, L1 \, L2 \left(\frac{d}{dt} v(t) \right) \sin(-u(t) + v(t)) \left(-\left(\frac{d}{dt} u(t) \right) + \left(\frac{d}{dt} v(t) \right) \right) + m2 \, L1^2 \left(\frac{d^2}{dt^2} u(t) \right) \\
 dT_V_dt &:= \text{diff}(dT_V, t); \\
 dT_V_dt &:= m2 \, L1 \left(\frac{d^2}{dt^2} u(t) \right) L2 \cos(-u(t) + v(t)) \\
 &\quad - m2 \, L1 \left(\frac{d}{dt} u(t) \right) L2 \sin(-u(t) + v(t)) \left(-\left(\frac{d}{dt} u(t) \right) + \left(\frac{d}{dt} v(t) \right) \right) + m2 \, L2^2 \left(\frac{d^2}{dt^2} v(t) \right) \\
 dP_U &:= \text{subs}(W=u(t), \text{diff}(\text{subs}(u(t)=W, P), W)); \\
 dP_U &:= 9.8 (m1 + m2) L1 \sin(u(t)) + 9.8 m2 L1 \sin(u(t)) \\
 dP_V &:= \text{subs}(W=v(t), \text{diff}(\text{subs}(v(t)=W, P), W)); \\
 dP_V &:= 9.8 m2 L2 \sin(v(t)) \\
 dT_U_ &:= \text{subs}(W = u(t), \text{diff}(\text{subs}(u(t)=W, K), W)); \\
 dT_U_ &:= m2 \, L1 \left(\frac{d}{dt} u(t) \right) L2 \left(\frac{d}{dt} v(t) \right) \sin(-u(t) + v(t)) \\
 dT_V_ &:= \text{subs}(W = v(t), \text{diff}(\text{subs}(v(t)=W, K), W)); \\
 dT_V_ &:= m2 \, L1 \left(\frac{d}{dt} u(t) \right) L2 \left(\frac{d}{dt} v(t) \right) \sin(u(t) - v(t))
 \end{aligned}$$

В итоге приходим к результирующей системе уравнений Лагранжа:

$$\begin{aligned}
 ODE1 &:= dT_U_dt + dP_U - dT_U_; \\
 ODE1 &:= m1 \, L1^2 \left(\frac{d^2}{dt^2} u(t) \right) + m2 \, L1 \, L2 \left(\frac{d^2}{dt^2} v(t) \right) \cos(-u(t) + v(t)) \\
 &\quad - m2 \, L1 \, L2 \left(\frac{d}{dt} v(t) \right) \sin(-u(t) + v(t)) \left(-\left(\frac{d}{dt} u(t) \right) + \left(\frac{d}{dt} v(t) \right) \right) \\
 &\quad + m2 \, L1^2 \left(\frac{d^2}{dt^2} u(t) \right) + 9.8 (m1 + m2) L1 \sin(u(t)) + 9.8 m2 L1 \sin(u(t)) \\
 &\quad - m2 \, L1 \left(\frac{d}{dt} u(t) \right) L2 \left(\frac{d}{dt} v(t) \right) \sin(-u(t) + v(t)) \\
 ODE2 &:= dT_V_dt + dP_V - dT_V_; \\
 ODE2 &:= m2 \, L1 \left(\frac{d^2}{dt^2} u(t) \right) L2 \cos(-u(t) + v(t)) \\
 &\quad - m2 \, L1 \left(\frac{d}{dt} u(t) \right) L2 \sin(-u(t) + v(t)) \left(-\left(\frac{d}{dt} u(t) \right) + \left(\frac{d}{dt} v(t) \right) \right)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + m_2 L_2^2 \left(\frac{d^2}{dt^2} v(t) \right) + 9.8 m_2 L_2 \sin(v(t)) \\
& + m_2 L_1 \left(\frac{d}{dt} u(t) \right) L_2 \left(\frac{d}{dt} v(t) \right) \sin(-u(t) + v(t))
\end{aligned}$$

Полученную систему уравнений Лагранжа будем решать численно, предварительно задав начальные условия, например:

`initial:={u(0)=Pi, D(u)(0)=0, v(0)=Pi, D(v)(0)=0};`

В результате численного решения системы при помощи оператора

`dsol := dsolve({ODE1,ODE2} union initial,
numeric, method=rkf45, output=listprocedure);`

приходим к «процедурной» форме описания искомых функций $u(t)$ и $v(t)$ и их производных:

$$\begin{aligned}
dsol := & \left[t = (\text{proc}(t) \dots \text{end proc}), u(t) = (\text{proc}(t) \dots \text{end proc}), \right. \\
& \frac{d}{dt} u(t) = (\text{proc}(t) \dots \text{end proc}), v(t) = (\text{proc}(t) \dots \text{end proc}), \\
& \left. \frac{d}{dt} v(t) = (\text{proc}(t) \dots \text{end proc}) \right]
\end{aligned}$$

Этот вид решения на практике является весьма удобным, поскольку появляется возможность оперировать с функциями $u(t)$ и $v(t)$ и их производными в режиме «псевдоаналитики», т.е. работать с найденными решениями как с аналитическими формулами.

При этом не составляет труда построить фазовые портреты. Например, на рис. 2 для $L_1=0,2$; $L_2=0,1$; $m_1=1$ и $m_2=1$ представлены фазовые портреты, показывающие зависимость производной $du(t)/dt$ от угла $u(t)$ (а), и производной $dv(t)/dt$ от угла $v(t)$ (б).

Кроме того, используя торовую систему координат (рис. 3а), можно определить количество «переворотов» свободного звена двойного маятника. Для этого необходимо изобразить поверхность тора (рис. 3б), на которую как бы «наматывается» линия, описанная уравнениями

$$\begin{aligned}
x &= (L_1 + L_2 \cos v(t)) \cos u(t), & y &= (L_1 + L_2 \cos v(t)) \sin u(t) & \text{и} \\
z &= L_2 \sin v(t).
\end{aligned}$$

Тогда количество витков «намотки» будет указывать на количество оборотов свободного звена двойного маятника.

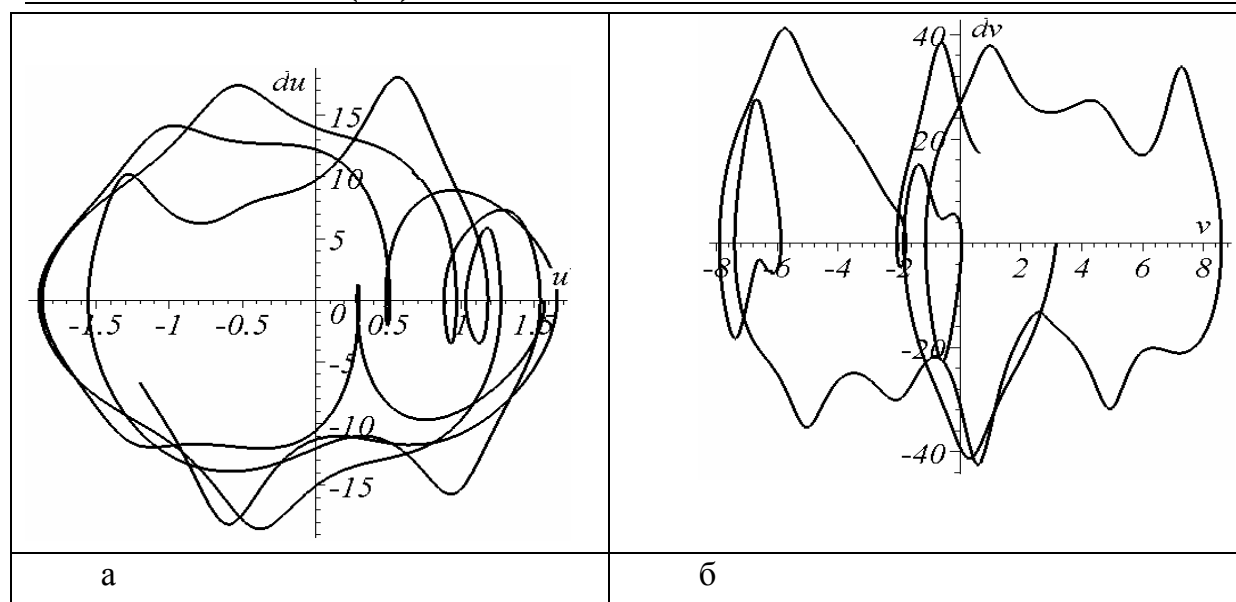


Рисунок 2 – Фазовые портреты для функций $u(t)$ и $v(t)$
обобщенных координат двойного маятника

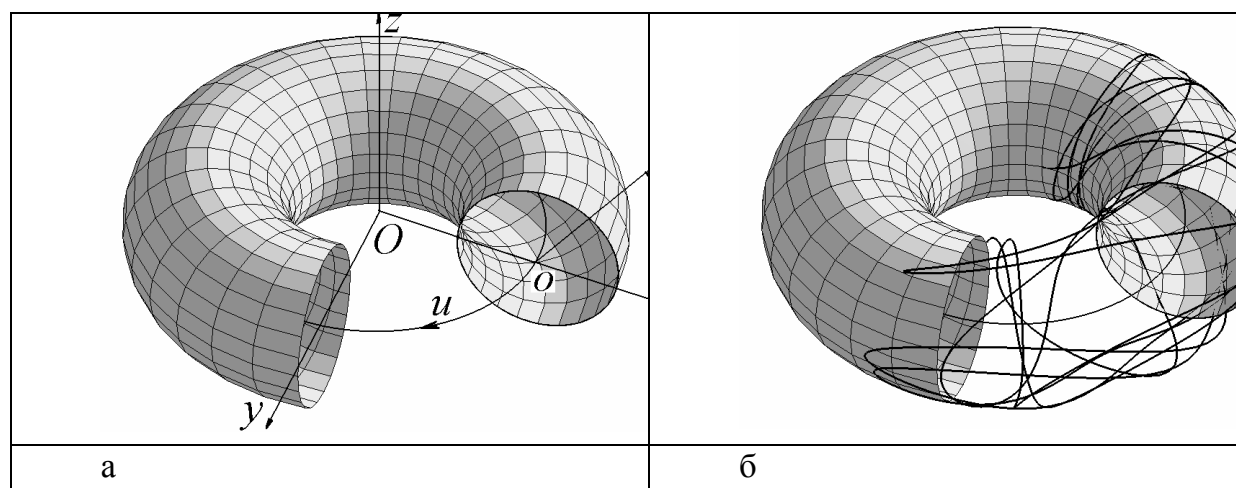


Рисунок 3 – Количество оборотов свободного звена
двойного маятника равно количеству витков линии на торе

Выводы. Осуществить автоматический синтез системы дифференциальных уравнений возможно средствами операторов процессора Maple.

ЛИТЕРАТУРА

1. Блехман И.И. Вибрационная механика. М.: Наука, 1994. - 400 с.
2. Бухгольц Н.Н. Основной курс теоретической механики. М.: Наука. 1969.
3. Гладков С.В. Компьютерное моделирование колебаний «Хаотического маятника» Харьков: НТУ «ХПИ», 2003. – 17 с.
4. Васильев А.Н. Maple 8. М.: «Вильямс», 2003. – 352 с.

Получено 25.03.2006 г.

А.Н.Ларин, Н.И.Мисюра

ПОСТРОЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЗВЕНЬЕВ ЦЕПИ ГРУНТОМЕТАТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА

Постановка проблемы. Для тушения лесных и степных пожаров используются роторные метатели грунта. Например, тракторный грунтомет ГТ-3 предназначен для тушения лесных пожаров направленными струями грунта с расстояния 40 – 50 м.. Однако такой грунтомет позволяет получить малую ширину минерализованной полосы (70 см), забор грунта лопатками вращающегося ротора осуществляется сразу же после грубого разрушения грунта без его дозирования перед подачей на лопатки ротора [1]. Все это не гарантирует надежность эксплуатации грунтомета, так как возможно заклинивание грудки грунта между внутренней поверхностью кожуха и торцами его лопаток. Поэтому актуальными будут разработки конструкций грунтомета, построенных на иных механических схемах, лишенных указанного недостатка.

Анализ последних исследований. Использование роторных метателей грунта на машинах для земляных работ как транспортирующих органов хорошо komponуются с разными рабочими узлами. Это позволяет при сравнительно малой массе и небольших габаритах устранить несоответствие между производительностью грунтотранспортирующих органов, которые являются одним из путей снижения удельной металлоемкости машины. В частности, пока открытым остается вопрос разработки средств метания грунта, основу которого составляет цепь (как совокупность взаимозацепленных торов). При этом концы цепи закреплены на горизонтальной трубе, которая вращается вокруг своей оси. Цепной метатель грунта является универсальным оборудованием для подачи грунтовой смеси в зону горения, используя грунт как доступный материал пожаротушения. В работе [2] изучены вопросы, связанные с формой вращающейся цепи.

Постановка задания. Разработать динамическую модель взаимозацепленных торовых звеньев цепи грунтометательного механизма.

Основная часть. Динамическую модель звеньев цепи грунтометательного механизма можно построить на основе использования известных законов лагранжевой механики [3-7].

© А.Н.Ларин, Н.И.Мисюра, 2006

Результатом применения этих законов будут уравнения, связывающие действующие в сочленениях звеньев силы и моменты с кинематическими характеристиками и параметрами движения звеньев. Уравнения Лагранжа второго рода для голономной системы с n степенями свободы, которым отвечают обобщенные координаты q_i ($j = 1, 2, \dots, n$), имеют вид

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_j} \right) - \frac{\partial L}{\partial q_j} = Q_{j\text{д}} \quad (j = 1, 2, \dots, n), \quad (1)$$

где $L = (T - \Pi)$ – функция Лагранжа, разности кинетической T и потенциальной Π энергий системы; $Q_{j\text{д}}$ – обобщенные силы взаимодействия звеньев с почвой, приведенные к j -ой обобщенной координате: они имеют размерность моментов, если q_i – угол поворота, или сил, если q_i – линейное перемещение.

Поскольку $L = T - \Pi$ и $\partial \Pi / \partial \dot{q}_j = 0$, то уравнение (1) примет вид

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_j} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_j} = Q_j, \quad (2)$$

где $Q_j = Q_{j\text{д}} + Q_{j\text{в}}$, $Q_{j\text{в}} = -\partial \Pi / \partial q_j$.

В последних равенствах через $Q_{j\text{в}}$ обозначены внешние обобщенные силы, вызванные весом звеньев и результатом ее погружения в почву. При наличии внешнего воздействия – силы $F_{\text{в}}$, приложенной к некоторым звеньям, в правую часть равенства для Q_j надо добавить член Q_{jF} , характеризующий это воздействие:

$$Q_j = Q_{j\text{д}} + Q_{j\text{в}} + Q_{jF}. \quad (3)$$

Используем выражение (2) для вывода уравнений динамики звеньев цепи. Рассматривая звенья цепи как систему из n твердых тел, запишем ее кинетическую энергию T в виде суммы кинетических энергий звеньев:

$$T = \sum_{i=1}^n T_i. \quad (4)$$

В свою очередь величину T_i определим по формуле [3]

$$T_i = \frac{1}{2} m_i v_{0i}^2 + m_i (\mathbf{v}_{0i} \times \boldsymbol{\omega}_i) \cdot \mathbf{r}_{i\text{ц}} + \frac{1}{2} \boldsymbol{\omega}_i^T \cdot \boldsymbol{\Theta}_{0i} \cdot \boldsymbol{\omega}_i, \quad (5)$$

где m_i – масса звена i ; $\mathbf{v}_{0i}$ – скорость некоторой точки звена O_i , принятой за полюс; $\mathbf{r}_{i\text{ц}}$ – вектор радиус центра инерции звена в системе осей с ним связанных, начало которой совпадает с полюсом O_i ; $\boldsymbol{\Theta}_{0i}$ – тензор инерции звена в точке O_i ; $\boldsymbol{\omega}_i$ – вектор угловой скорости звена в принятой системе координат.

Выражение (5) принимает наиболее простой вид, если за полюс звена принять его центр инерции; величина $\mathbf{r}_{i\text{ц}}$ будет равна нулю и выражение (5) упростится:

$$T_i = \frac{1}{2} m_i v_{0i}^2 + \frac{1}{2} \boldsymbol{\omega}_i^T \cdot \boldsymbol{\Theta}_{0i} \cdot \boldsymbol{\omega}_i. \quad (6)$$

Кроме того, поскольку звенья цепи представляют собой торы, обладающие симметрией относительно трех ортогональных осей, проведенных через центр инерции.

Разметим оси систем координат, связанных со звеньями, по правилу: одна из осей системы $O_i x_i y_i z_i$ совпадает с осью звена (вектором $\overrightarrow{O_{i-1}O_i}$), а две другие образуют с ней правую триаду. Тогда при помещении точки O_i в центр инерции O_i^0 получим оси системы $O_i^0 x_i^0 y_i^0 z_i^0$, которые становятся главными осями инерции, и тензор вектора в точке O_i^0 имеет вид диагональной матрицы

$$\mathbf{I}_{O_i}^0 = \begin{bmatrix} J_{x_i} & 0 & 0 \\ 0 & J_{y_i} & 0 \\ 0 & 0 & J_{z_i} \end{bmatrix}, \quad (7)$$

где моменты инерции относительно осей определяются выражениями

$$\left. \begin{aligned} J_x &= \iiint (y_i^2 + z_i^2) dm_i \\ J_y &= \iiint (x_i^2 + z_i^2) dm_i \\ J_z &= \iiint (x_i^2 + y_i^2) dm_i \end{aligned} \right\}, \quad (8)$$

и для звеньев заданной (торовой) конфигурации являются известными константами. При отсутствии осевых симметрий тензор инерции звена в точке O_i^0 характеризуется матрицей

$$\mathbf{I}_{O_i} = \begin{bmatrix} J_{x_i} & -J_{x_i y_i} & -J_{x_i z_i} \\ -J_{y_i x_i} & J_{y_i} & -J_{y_i z_i} \\ -J_{z_i x_i} & -J_{z_i y_i} & J_{z_i} \end{bmatrix}, \quad (9)$$

центробежные моменты в которой определяются выражениями

$$\left. \begin{aligned} J_{x_i y_i} &= J_{y_i x_i} = \iiint x_i y_i dm_i \\ J_{x_i z_i} &= J_{z_i x_i} = \iiint x_i z_i dm_i \\ J_{y_i z_i} &= J_{z_i y_i} = \iiint y_i z_i dm_i \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

и также являются известными константами.

Определим вектор скорости центра инерции звена i через проекции на оси связанной с ним системы координат как

$$\mathbf{v}_{i\text{ц}} = (v_{ix\text{ц}}, v_{iy\text{ц}}, v_{iz\text{ц}})^T \quad (11)$$

или через проекции на оси неподвижной системы осей в виде

$$\mathbf{v}_{0i\text{ц}} = (v_{0ix\text{ц}}, v_{0iy\text{ц}}, v_{0iz\text{ц}})^T. \quad (12)$$

По аналогии с $\mathbf{v}_{i\text{ц}}$ введем вектор угловой скорости звена

$$\boldsymbol{\omega}_i = (\omega_{ix}, \omega_{iy}, \omega_{iz})^T \quad (13)$$

и запишем равенство (6) в развернутой форме для случая, когда звенья манипулятора обладают симметрией относительно главных осей инерции. Подставим выражения $\mathbf{I}_{0i}^0$, $\mathbf{v}_{i\text{ц}}$, $\boldsymbol{\omega}_i$ из (7), (11), (13) в (6) и получим

$$T_i = 0,5m_i(v_{ix\text{ц}}^2 + v_{iy\text{ц}}^2 + v_{iz\text{ц}}^2) + 0,5(J_{xi}\omega_{ix}^2 + J_{yi}\omega_{iy}^2 + J_{zi}\omega_{iz}^2). \quad (14)$$

При использовании вектора скорости центра инерции в форме (14) получим выражение

$$T_i = 0,5m_i(v_{0ix\text{ц}}^2 + v_{0iy\text{ц}}^2 + v_{0iz\text{ц}}^2) + 0,5(J_{xi}\omega_{ix}^2 + J_{yi}\omega_{iy}^2 + J_{zi}\omega_{iz}^2) \quad (15)$$

С учетом тождества (15) равенство (4) принимает вид

$$T_i = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \left[m_i(v_{0ix\text{ц}}^2 + v_{0iy\text{ц}}^2 + v_{0iz\text{ц}}^2) + (J_{xi}\omega_{ix}^2 + J_{yi}\omega_{iy}^2 + J_{zi}\omega_{iz}^2) \right]. \quad (16)$$

Выводы. Учитывая выражение для кинетической энергии, полученное в виде (16), можно построить динамическую модель торковых звеньев цепи механизма грунтометания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кукибный А.А. Метательные машины. - М.: Машиностроение, 1964.
2. Ларін О.М., Мисюра М.І. Геометричне моделювання дії механізму метання ґрунту ланцюгом, що обертається // Геометричне та комп'ютерне моделювання. Харків: ХДУХТ, 2006. Вип. 14. - С. 35-40.
3. Лурье А.И. Аналитическая механика. - М.: Физматгиз, 1961.
4. Аппель П. Теоретическая механика: Перев. с франц. Т. 1. М.: Физматгиз, 1960.
5. Пожарицкий Г. К. Устойчивость равновесий механических систем, включающих гибкую нерастяжимую нить. - ПММ, 1973, т. 37, вып. 4.
6. Меркин Д.Р. Введение в механику гибкой нити. - М.: Наука, 1980
7. Лойцянский Л.Г., Лурье А.И. Курс теоретической механики: В 2-х т. Т.2: Динамика. М.: Наука, 1983. - 640 с.

Получено 15.03.2006 г.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОЙ РАБОТЫ РТС В ВИРТУАЛЬНОЙ СРЕДЕ МКС

Выполнение задач внекорабельной деятельности (ВКД) космонавтами на борту международной космической станции (МКС) требует высокоточного и надежного взаимодействия космонавта-оператора и робототехнической системы (РТС), а именно электро-механического манипулятора ERA, внешний вид синтезируемой среды моделирования представлен на рисунке 1.

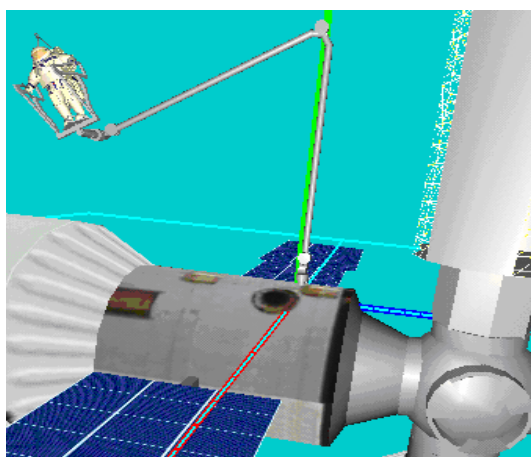


Рисунок 1. – Внешний вид синтезируемой трехмерной модели манипулятора ERA на борту МКС

Геометрически задача безопасности траектории движения РТС сводится к определению возможных точек пересечения траекторий перемещения рабочих органов манипулятора. При этом возможны два варианта коллизий:

а) пересечение поверхности МКС и отрезка прямой. При этом один или оба конца отрезка перемещаются в пространстве по независимым окружностям, что обусловлено конструктивными особенностями электромеханического манипулятора ERA;

б) пересечение поверхности МКС и траектории движения рабочей точки манипулятора или сферы, моделирующей зону колебаний этой точки. При этом точка перемещается в пространстве по сложной траектории, представляющей собой суперпозицию кривых, лежащих на соприкасающихся сферах.

© В.Г.Ли, 2006

На рисунке 2 представлена схема задачи коллизии для случая б)

при условии, что траектория движения точки – кривая линия. В общем случае траектории движения имеют k точек пересечения, где $k=n+2$, где n – количество боковых граней призмы, аппроксимирующей поверхность цилиндра, а 2 соответствует двум плоскостям, ограничивающим торцевые поверхности призмы.

Точки пересечения (в общем случае – две), подлежащие анализу выбираются по признаку не превышения их расстояния от оси цилиндра величины радиуса цилиндра.

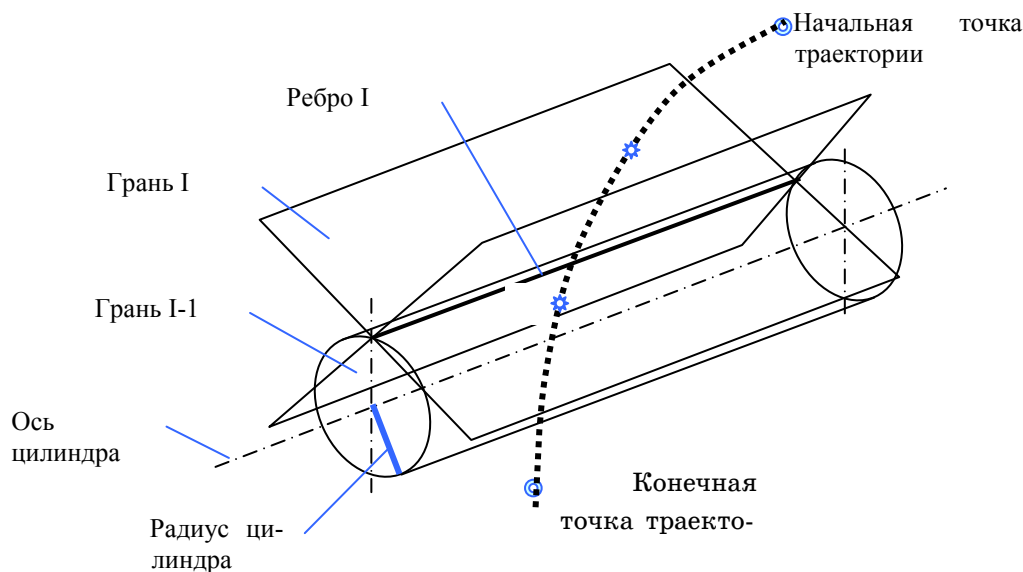


Рисунок 2. – Схема геометрического алгоритма решения задачи коллизии «МКС-РТС» в случае криволинейной траектории

На втором этапе отбора искомых точек производится проверка по критерию нахождения этих точек на интервале по длине цилиндра.

На рисунке 3 представлены 3 принципиально различные варианты задачи коллизии, а именно: отсутствие пересечения (траектория TP_1); обе точки лежат на боковой поверхности (траектория TP_2); одна из двух точек расположена на боковой поверхности, а другая – на торцевой поверхности (траектория TP_3).

Все геометрические решения задач коллизий сводятся к задачам принадлежности точек прямым и плоскостям и задачам взаимного пересечения прямых и плоскостей и осуществляются в одной из систем координат: правой декартовой прямоугольной, цилиндрической или сферической.

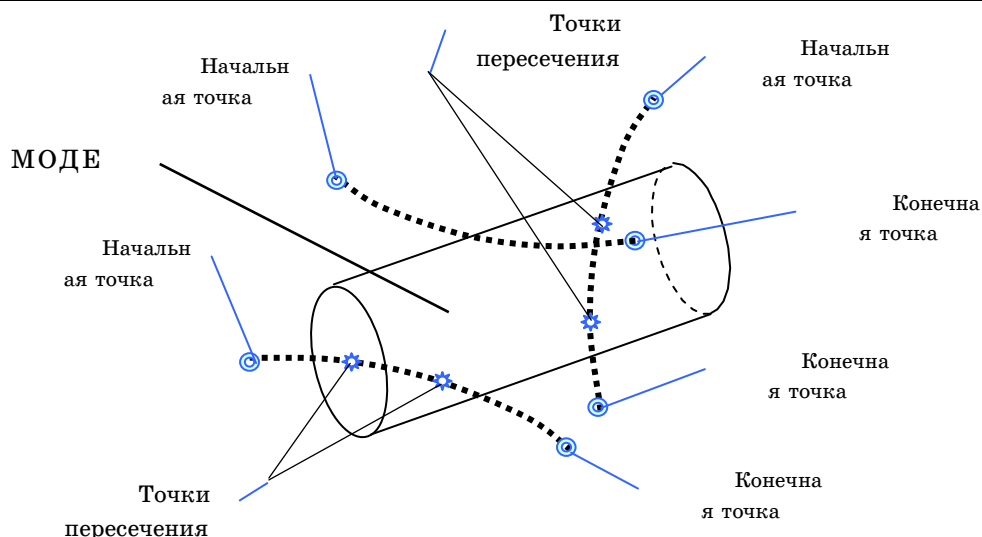


Рисунок 3. – Схема основных вариантов задачи коллизии «МКС-РТС».

На рисунках 4 и 5 представлены иллюстрации отдельных случаев коллизий «РТС-МКС» (слева – схематичные изображения, справа – виртуальные).

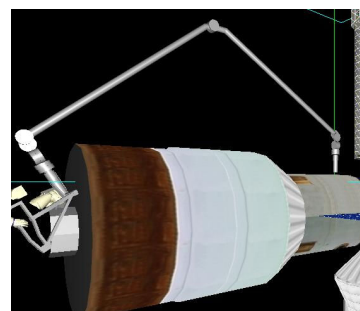
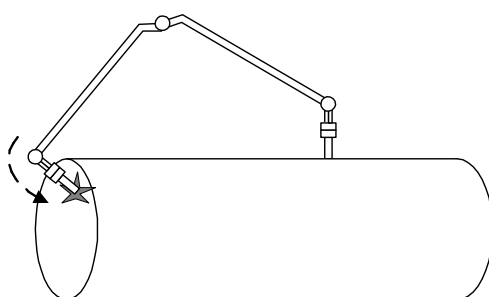


Рисунок 4. – Удар манипулятора ERA в борт МКС при повороте в 5 шарнире. Точка удара располагается на основании цилиндра

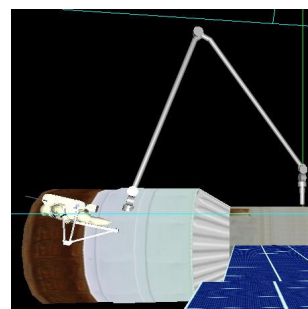
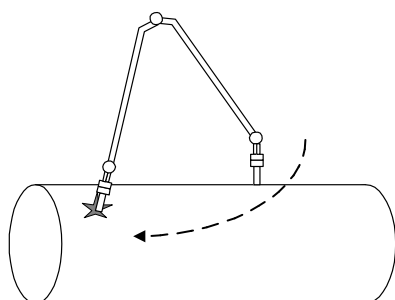


Рисунок 5. – Удар рабочей точки ERA в борт МКС при повороте в 1 шарнире. Точка удара располагается на боковой поверхности МКС

Проблема обеспечения безопасности ВКД сводится в первую очередь к задаче гарантированного предупреждения любых коллизий ра-

бочих органов манипулятора ЕРА и поверхности МКС. Это может быть достигнуто при помощи технологии предварительной отработки необходимой траектории движения манипулятора в виртуальном пространстве моделирования. Решение задачи коллизии РТС – МКС можно разделить на две части. Первая часть будет определять возможность столкновения, осуществляя перебор всех поверхностей и проверяя принадлежность точки столкновения к какой-либо из них. Другая будет просчитывать координаты точки столкновения. Для определения коллизии необходимо проверять пересечение каждого элемента РТС с каждым полигоном моделей. Для увеличения быстродействия на первоначальном этапе проверяется пересечение двух наиболее габаритных звеньев с полигонами МКС. Каждый полигон МКС представлен в модели МКС как набор треугольников. Для дальнейшего повышения быстродействия анализ пересечения РТС с полигональной моделью МКС можно заменить на анализ пересечения с полигональной цилиндрической моделью МКС. Радиусы цилиндров полигональной цилиндрической модели больше радиуса поверхности МКС, так как необходимо учитывать величину возможных колебаний звеньев РТС при движении.

В процессе вращения манипулятора и станции известны в мировых координатах положение звеньев в шарнирах, а модель станции формируется из массива треугольников с известными координатами вершин, массивов нормалей, то предлагается следующий алгоритм проверки коллизии пересечения манипулятора с поверхностью МСК.

1. Вычисляются расстояния от концов фаланг манипулятора до полигонов, образующих модель станции. Если оба конца лежат по одну сторону от исследуемого полигона, то пересечения нет. Коллизии нет. Завершение проверки.

2. Если оба конца фаланги манипулятора лежат по разные стороны от исследуемого треугольника, то пересечение возможно. Вычисляются координаты точки пересечения.

3. Проверяется факт принадлежности этой точка пересечения манипулятору (так как вычисляется точка пересечения луча с плоскостью). Если точка пересечения не принадлежит манипулятору, то коллизии нет. Завершение проверки.

4. Если точка пересечения принадлежит манипулятору, проверяется факт принадлежности точки исследуемому полигону.

5. Если точка пересечения не принадлежит исследуемому треугольнику, то коллизии нет. Завершение проверки.

6. Если точка пересечения принадлежит исследуемому треугольнику, то произошло пересечение. Формируется признак коллизии. Проверка завершается.

Обеспечение безопасности в процессе выполнения ВКД сводится к задаче гарантированного предупреждения коллизий рабочих органов манипулятора ERA и поверхности МКС. Это может быть достигнуто при помощи предварительной отработки необходимой траектории движения манипулятора в виртуальном пространстве моделирования, схема алгоритма которой представлена на рисунке 6.

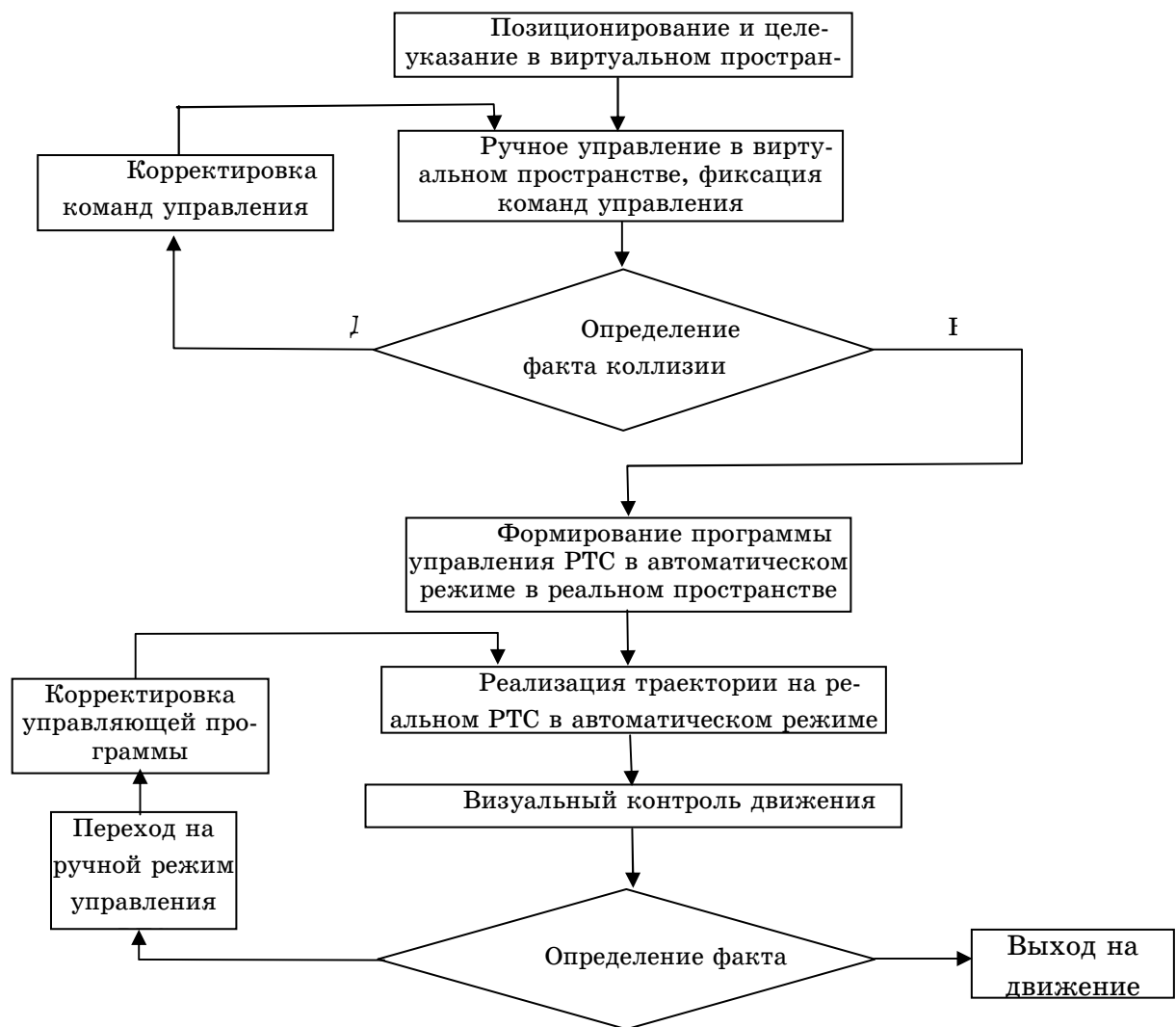


Рисунок 6. – Алгоритм обеспечения безопасности ВКД на основе предварительного моделирования в виртуальном пространстве

Получено 27.03.2006 г.

А.А.Лісняк, Є.М.Гринченко

ОПИС ТРИКУТНИКА РЕЛЛО ЗА ДОПОМОГОЮ НОРМАЛЬНОГО РІВНЯННЯ

Постановка проблеми. При розмелюванні та віджиманні речовин в промисловості широко використовуються шнекові екструдери. Шнековий екструдер складається [1 - 4] з робочої камери, де на двох паралельних валах синхронно обертаються *в одному напрямку* шнеки й групи насадок-роздрібнювачів речовини. На рис. 1 зображено поперечний переріз однієї пари насадок. Активний профіль кромки насадки-роздрібнювача має форму рівностороннього трикутника з дугоподібними сторонами. Процес екструдювання вимагає, щоб кожні пари насадки-роздрібнювачі, які розташовані в одній площині, були установлені з можливістю постійного контакту при обертанні. Це запобігає в процесі віджимання налипання роздрібненої маси на поверхні насадок. Тому актуальною є задача пошуку такої геометричної форми профілю насадки-роздрібнювача, яка б задовольняла вимогам постійного точкового дотику під час синхронного обертання валів.

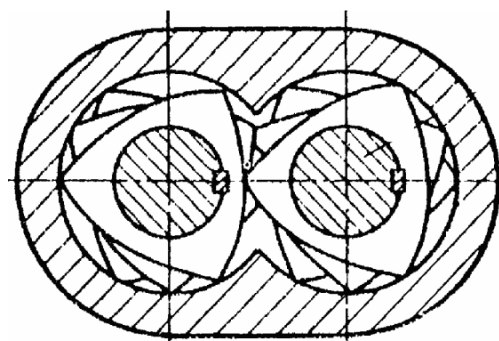


Рисунок 1 - Пара насадок

з точковим дотиком

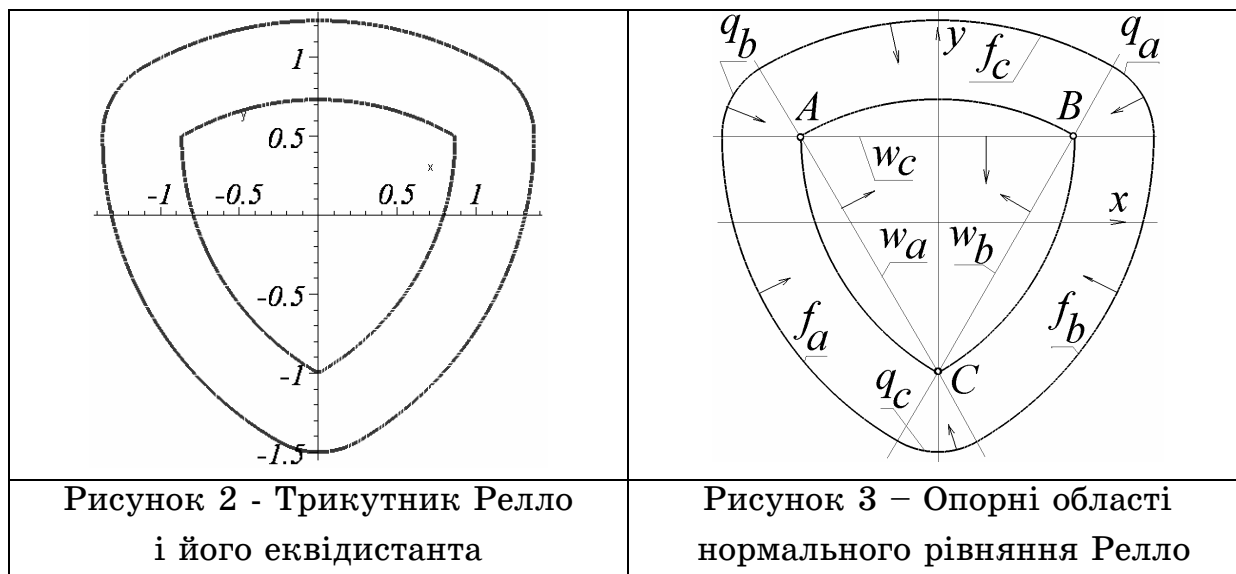
Аналіз останніх досліджень. В роботах [2 - 4] досліджено випадок, коли цим насадкам надати форму трикутників Релло. При цьому реалізується «паралельна» обкатка трикутника Релло за схемою обертального переносу [2]. В роботах [3, 4] наведено геометричне моделювання синхронного обертання (в одному напрямку) групи насадок-роздрібнювачів речовини, профіль яких має форму трикутника Релло. Наступним етапом досліджень має бути геометричне моделювання траєкторій часток речовини в процесі екструдювання.

Постановка завдання. Для модифікації корпусу екструдера визначити траєкторії переміщення часток речовини, які б знаходилися на постійній відстані від кожного з трикутників Релло.

© А.А.Лісняк, Є.М.Гринченко, 2006

Основна частина. В якості гіпотези досліджень оберемо наступну: в процесі екструдуювання частка речовини, яка знаходиться в околі трикутника Релло, буде разом з ним переміщуватися по кривій – еквідистанті цього трикутника.

Для опису лінії, еквідистантної трикутнику Релло (рис. 2), будемо використовувати нормальні рівняння [1]. На рис. 3 зображено опорні області для опису кривої, розташованої еквідистантно до трикутника Релло.



Твердження 1. Нормальне рівняння трикутника Релло має вигляд

$$f(x, y, t) \equiv (w_a \wedge w_b \wedge f_c) \vee (w_a \wedge w_c \wedge f_b) \vee (w_b \wedge w_c \wedge f_a) \vee q_a \vee q_b \vee q_c = 0, \quad (1)$$

де опорні області описані за допомогою функцій

$$f_a = a\sqrt{3} + t - \sqrt{\left(x - \frac{a\sqrt{3}}{2}\right)^2 + \left(y - \frac{a}{2}\right)^2}; \quad f_b = a\sqrt{3} + t - \sqrt{\left(x + \frac{a\sqrt{3}}{2}\right)^2 + \left(y - \frac{a}{2}\right)^2};$$

$$f_c = a\sqrt{3} + t - \sqrt{x^2 + (y + a)^2}; \quad q_a = t - \sqrt{\left(x - \frac{a\sqrt{3}}{2}\right)^2 + \left(y - \frac{a}{2}\right)^2};$$

$$q_b = t - \sqrt{\left(x + \frac{a\sqrt{3}}{2}\right)^2 + \left(y - \frac{a}{2}\right)^2}; \quad q_c = t - \sqrt{x^2 + (y + a)^2};$$

$$w_a = \frac{y + a}{3a} + \frac{x}{a\sqrt{3}}; \quad w_b = \frac{y + a}{3a} - \frac{x}{a\sqrt{3}}; \quad w_c = \frac{a}{2} - y.$$

Враховуючи (1) введемо позначення

$$F(X, Y, t, \alpha) = f(X \cos \alpha - Y \sin \alpha, X \sin \alpha + Y \cos \alpha, t) = 0.$$

(2)

Вираз (2) буде нормальним рівнянням трикутник Релло, повернутого навколо полюса на кут α , а функція $F(X, Y, t, \alpha)$ буде нормальною функцією трикутника Релло.

Враховуючи вираз (2) синхронне обертання пари трикутників Релло, рознесених на відстань $a\sqrt{3}$, можна описати рівнянням

$$F\left(X - \frac{a\sqrt{3}}{2}, Y, t, \alpha\right) = 0, \quad F\left(X + \frac{a\sqrt{3}}{2}, Y, t, \alpha\right) = 0 \quad (3)$$

При чому, обертання „базових” трикутників Релло (при $t = 0$) буде супроводжуватись їх постійним *точковим дотиком*.

За допомогою нормальних рівнянь змодельємо рух частки речовини в процесі синхронного обертання трикутників Релло. При цьому вважатимемо, що частка переміщується так, що вона залишається на постійних відстанях від обох трикутників Релло (ці відстані можуть бути як різні, так і однакові).

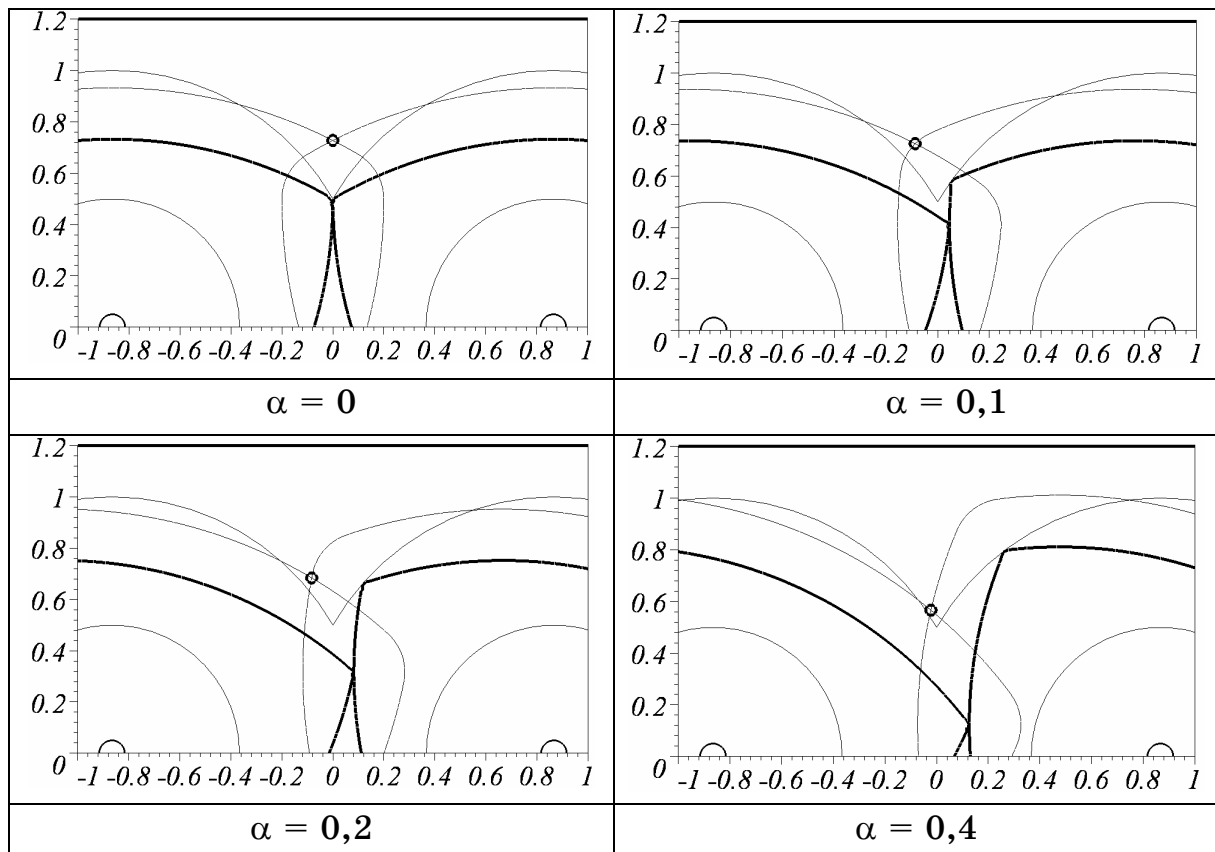
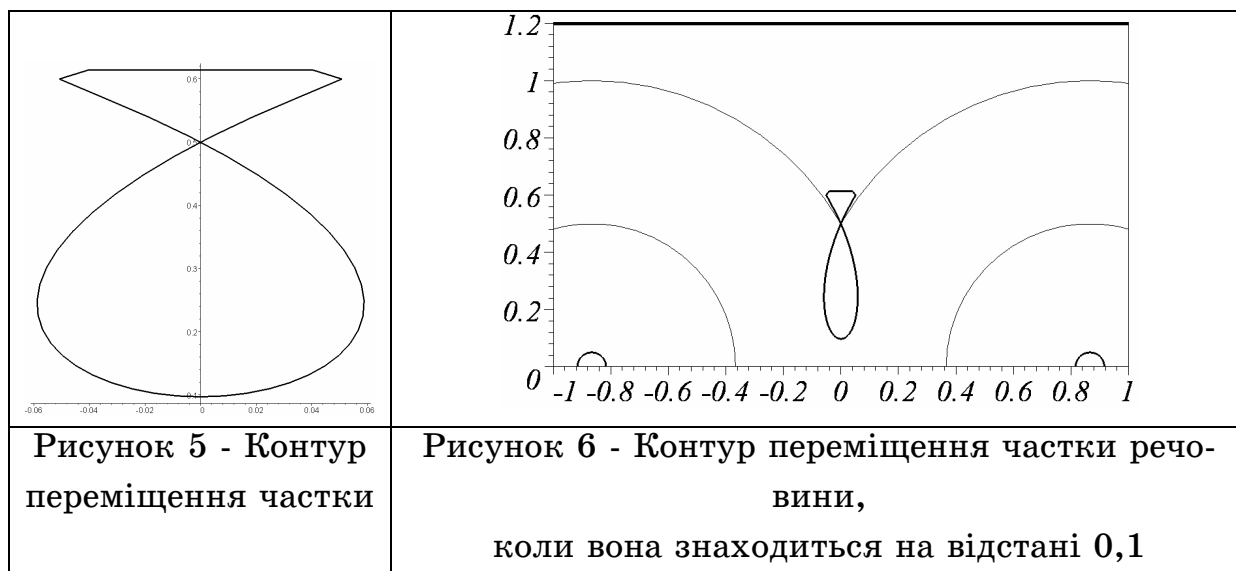


Рисунок 4 - Побудова контуру переміщення частки порошку

Тоді на основі побудованих траєкторій часток можна модифікувати корпус екструдера так, щоб забезпечити той необхідний об'єм простору в корпусі, де здійснюється екструдювання речовини. На рис. 4 наведено положення частки речовини в залежності від кута обертання двох трикутників Релло. На рис. 5 наведено побудований контур окремо, а на рис. 6 – контур в межах корпусу.



На рис. 7 наведено інші траєкторії часток. Комп'ютерний експеримент показує, що на практиці, для модифікації корпусу екструдера, необхідно обрати траєкторію переміщення тієї частки речовини, яка знаходиться на відстані 0,1.

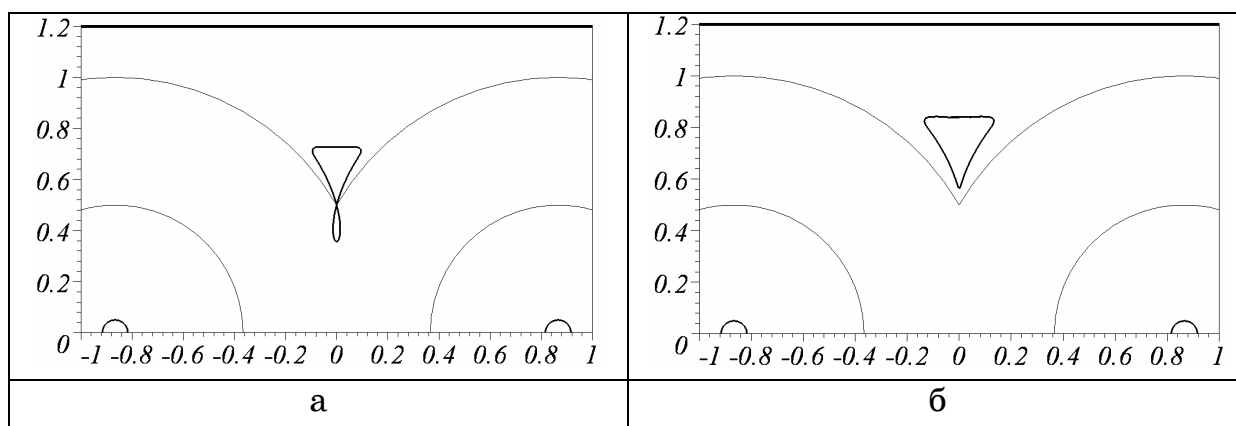


Рисунок 7 - Контур переміщення частки речовини, коли вона знаходиться від трикутників на відстані 0,2 (а) та 0,3 (б)

Для наочного аналізу траєкторій частки речовини було складено Maple-програму анімації. На рис. 8 зображено анімаційні кадри руху частки речовини в залежності від її відстані до трикутників Релло та кута обертання α .

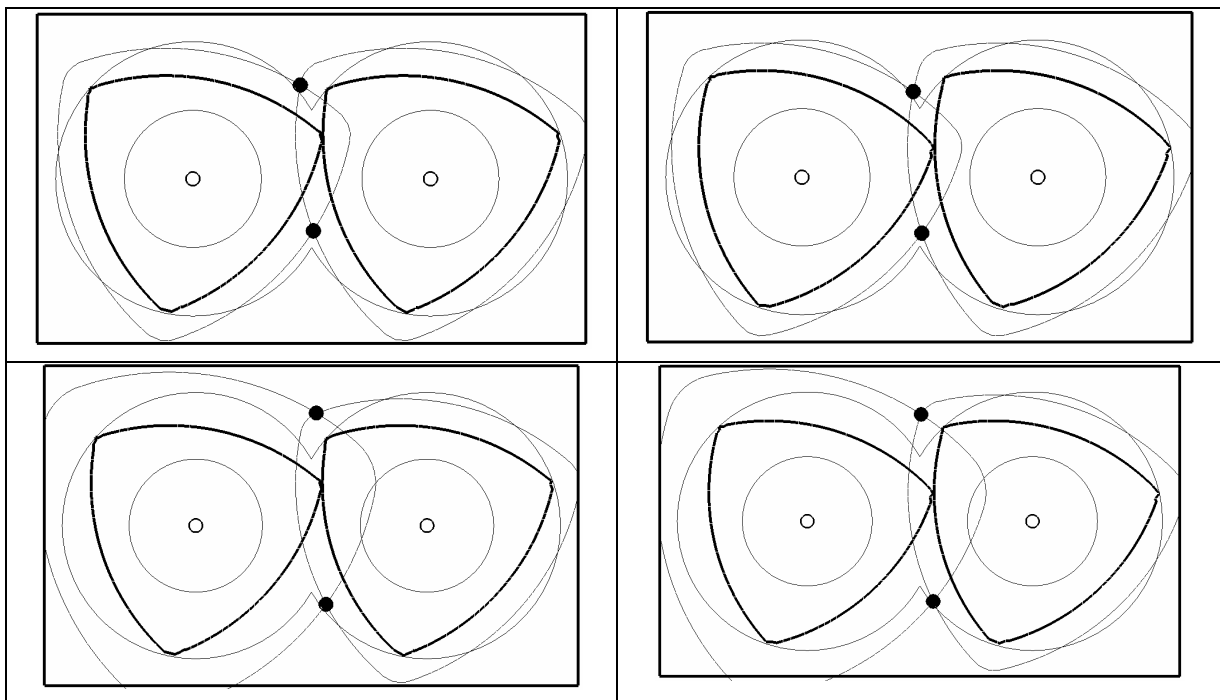


Рис. 8. Кадри анімаційного фільму переміщення частки речовини

Висновки. Наведені результати можна використати при проектуванні корпусів прес - екструдерів. При цьому шнековий прес повинен складатися з робочої камери, де на двох паралельних валах синхронно обертаються в одному напрямку шнеки й групи насадок-роздрібнювачів. Активний профіль кромки насадки-роздрібнювача повинен мати форму трикутника Релло.

ЛІТЕРАТУРА

1. Куценко Л.Н., Росоха С.В., Суліма В.В. Геометрическое моделирование и некоторые приложения обкатки треугольником Релло // Проблемы машиностроения. 2001. Т. 4, № 3-4. С. 85-94
2. Найдис А.В., Суліма В.В. Визначення контурів насадок, які забезпечують точковий дотик при синхронному обертанні // Труды / Таврическая государственная агротехническая академия. - вып. 1, том 13. - Мелитополь: ТГАТА, 1999 - С. 76 -81.
3. Суліма В.В. Розрахунок насадок-роздрібнювачів шнекового преса для віджимання олії // Труды / Таврическая государственная агротехническая академия. - вып. 2, том 13. - Мелитополь: ТГАТА, 1999 - С. 64 -70.
4. Суліма В.В. Забезпечення точкового дотику кулачків при синхронному обертанні // Проблемы пожарной безопасности. Харьков: Фолио, 2000 . Вып. 7 - С. 198 - 200.

Получено 21.03.2006 г.

РОЗВ'ЯЗАННЯ НЕСТАЦІОНАРНОЇ ЗАДАЧІ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ ЗА ДОПОМОГОЮ СПЕЦІАЛЬНИХ ІНТЕРПОЛЯЦІЙНИХ ПОЛІНОМІВ

Постановка проблеми. На практиці часто доводиться досліджувати нестационарні процеси нагрівання або охолодження, коли температурне поле тіла змінюється в часі. Значення температури в початковий момент часу, а також інформація про тепловий режим на краю області можуть бути визначені в точках області, тобто задані в дискретному вигляді. У цьому випадку актуальною є проблема розробки аналітичних методів розв'язання нестационарних задач теплопровідності з початковими і крайовими умовами дискретного виду.

Аналіз останніх досліджень. Існує ряд класичних методів таких, як метод розділення змінних, метод кінцевих різниць та ін. [1], якими можуть бути розв'язані задачі теплопровідності з крайовими умовами дискретного виду. Але, як правило, ці методи застосовуються для розв'язання задач на областях простої конфігурації з рівномірною сіткою. Чисельні методи (наприклад, метод кінцевих різниць) базуються на переході до системи алгебраїчних рівнянь і дозволяють отримати дискретний розв'язок задачі. В свою чергу, розв'язання системи рівнянь і побудова аналітичного розв'язку на базі дискретного призводять до виникнення додаткової обчислювальної похибки, яка може суттєво змінити результат. У роботі [2] було розглянуто загальний метод побудови інтерполяційної поверхні за допомогою спеціальних ортонормованих поліномів. В рамках цього методу в роботах [3,4] було запропоновано спосіб розв'язання двовимірної і тривимірної стаціонарної задачі теплопровідності з крайовими умовами дискретного виду. На основі цих досліджень може бути розроблено новий підхід до розв'язання нестационарної задачі теплопровідності, який дозволяє будувати аналітичний розв'язок для випадку з крайових умов дискретного виду.

Формулювання цілей статті. Метою досліджень є розробка способу побудови гіперповерхні, яка задовольняє крайовим умовам дискретного виду і будується на базі загального методу за допомогою інтерполяційних та апроксимаційних поліномів.

© В.М.Малкіна, О.В.Тітова, 2006

Основна частина.

Постановка задачі. Побудувати поле розподілу температур $\Phi = \Phi(x, y, t)$ в середині області Ω , якщо в точках (x_i, y_i) області відомі тепловий режим на краю S і розподіл температури в початковий момент часу t , $x_i = x_0 + l_1 h$; $y_i = y_0 + l_2 h$; (x_0, y_0) – початкова точка; h – шаг сітки; $l_1, l_2 = 0, \pm 1, \dots$, $i = 0, 1, \dots, n$.

Іншими словами, функція $\Phi = \Phi(x, y, t)$ повинна задовольняти в середині області Ω при $0 \leq t \leq T$ диференціальному рівнянню

$$\frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2} = \frac{\partial \Phi}{\partial t}, \quad (1)$$

$$\begin{array}{ll} \text{початковим} & \text{умовам} \end{array} \quad \Phi(x, y, 0)|_{(x_i, y_i) \in \Omega} = \Phi_{\text{поч}_i}, \quad (2)$$

$$(i = 0, 1, \dots, n),$$

$$\begin{array}{ll} \text{крайовим} & \text{умовам} \end{array} \quad \Phi(x, y, t)|_{(x_i, y_i) \in S} = \Phi_{\text{кр}_i}(t), \quad (3)$$

$$(i = 0, 1, \dots, m; m \leq n).$$

Для розв'язання задачі необхідно побудувати гіперповерхню, яка задовольняє диференціальному рівнянню (1) і умовам (2)-(3). Таким чином, необхідно побудувати гіперповерхню, яка є інтерполяційним поліномом відносно змінних x і y та апроксимаційним відносно змінної t .

Пропонується наступний алгоритм розв'язання нестационарної задачі теплопровідності з крайовими умовами дискретного виду:

1. Будуємо повний набір лінійно незалежних функцій $\varphi_k(x, y, t)$, які задовольняють диференціальному рівнянню (1), наприклад, у вигляді

$$\varphi_k(x, y, t) = e^{k_1 x} \cdot e^{k_2 y} \cdot e^{(k_1^2 + k_2^2)t}, \quad (k = 0, 1, \dots, n + m + 1), \quad (4)$$

де $k_1, k_2 = 0, 1, \dots$ – константи.

2. Будуємо скалярний добуток відповідно до крайових умов (2)-(3)

$$(f, g) = \sum_{i=0}^n f(x_i, y_i, 0) \cdot g(x_i, y_i, 0) + \sum_{i=0}^m \int_0^T f(x_i, y_i, t) \cdot g(x_i, y_i, t) dt. \quad (5)$$

3. Будуємо ортонормований набір функцій $\tilde{\varphi}_k(x, y, t)$, $(k = 0, 1, \dots, n + m + 1)$ за допомогою процесу ортогоналізації [1] і з урахуванням скалярного добутку п. 2 алгоритму.

4. Будуємо інтерполяційний поліном у вигляді

$$\Phi(x, y, t) = \sum_{k=0}^{n+m+1} b_k \tilde{\varphi}_k(x, y, t), \quad (6)$$

де

$$b_k = \sum_{i=0}^n \int_0^T \Phi_{\text{поч}_i} \cdot \tilde{\varphi}_k(x_i, y_i, t) dt + \sum_{i=0}^m \int_0^T \Phi_{\text{кр}_i}(t) \cdot \tilde{\varphi}_k(x_i, y_i, t) dt. \quad (7)$$

Розглянемо тестові приклади розв'язання нестационарної задачі теплопровідності з крайовими умовами дискретного і змішаного видів.

Задача 1. Побудувати модель розподілу поля температур в середині області квадратної пластини Ω , якщо на двох її сторонах в точках підтримується нульова температура, а в точках на двох інших здійснюється нагрівання.

Необхідно побудувати функцію $\Phi = \Phi(x, y, t)$ при $0 \leq t \leq 1$, яка в середині області $\Omega = \{0 \leq x \leq 1; 0 \leq y \leq 1\}$ в точках (x_i, y_i) , $x_i = x_0 + l_1 h$; $y_i = y_0 + l_2 h$; $x_i = y_i = 0$; $l_1, l_2 = 0, 1, \dots, 5$; $h = 0, 2$; $i = 0, 1, \dots, 23$ задовольняє рівнянню (1), початковим умовам

$$\Phi(x, y, 0)|_{(x_i, y_i) \in \Omega} = 0, \quad (l_1, l_2 = 0, 1, \dots, 5),$$

і крайовим умовам

$$\Phi(x, y, t)|_{(x_i, y_i) \in S} = 0, \quad (l_1 = 0; l_2 = 1, \dots, 5);$$

$$\Phi(x, y, t)|_{(x_i, y_i) \in S} = \frac{(x_i + 1)}{2} t, \quad (l_1 = 1, \dots, 5; l_2 = 5);$$

$$\Phi(x, y, t)|_{(x_i, y_i) \in S} = \frac{(y_i + 1)}{2} t, \quad (l_1 = 5; l_2 = 4, 3, 2, 1);$$

$$\Phi(x, y, t)|_{(x_i, y_i) \in S} = 0, \quad (l_1 = 4, 3, 2, 1; l_2 = 0).$$

На рис.1 наведено графіки інтерполяційної гіперповерхні в різні моменти часу t ($t = 0; t = 0, 5; t = 0, 75$).

Особливий інтерес представляють нестационарні задачі теплопровідності, коли крайові умови на частині деякої області задані в дискретному вигляді, а решта крайових умов на області задана аналітично. У цьому випадку для розв'язання задачі необхідно побудувати інтерполяційно-апроксимаційну гіперповерхню за змішаним критерієм наближення [5].

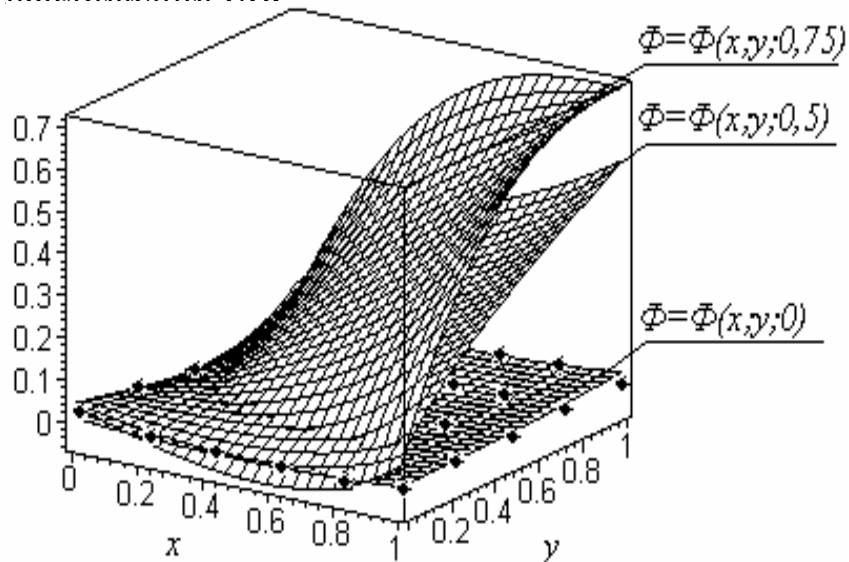


Рис. 1

Задача 2. Побудувати модель розподілу поля температур для області трапецієподібної форми, якщо в точках на одній зі сторін підтримується нульова температура (крайові умови дискретного виду), а три інші сторони піддаються нагріванню, температура на яких задана у вигляді неперервної функції (аналітичні крайові умови).

Необхідно побудувати функцію $\Phi = \Phi(x, y, t)$ при $0 \leq t \leq 1$, яка в середині області $\Omega = \{0 \leq x \leq 2; 0,25x - 1 \leq y \leq -0,25x + 1\}$ в точках (x_i, y_i) , $x_i = x_0 + l_1 h$; $y_i = y_0 + l_2 h$; $l_1 = 0$; $l_2 = 0, 1, \dots, 16$; $h = 0,125$; $i = 0, 1, \dots, 16$ задовольняє рівнянню (1), початковим умовам

$$\Phi(x, y, 0) = \Phi(x, y, 0)|_{(x_i, y_i) \in \Omega} + \Phi(x, y, 0)|_{(x, y) \in \Omega} = 0,$$

і крайовим умовам

$$\Phi(x, y, t)|_{(x_i, y_i) \in S} = 0, \quad (l_1 = 0; l_2 = 0, 1, \dots, 16);$$

$$\Phi(x, y, t)|_{\substack{0 \leq x \leq 2 \\ y = -0,25x + 1}} = \Phi(x, y, t)|_{\substack{0 \leq x \leq 2 \\ y = 0,25x - 1}} = \frac{(x+1)}{6} t;$$

$$\Phi(x, y, t) \Big|_{\substack{x=2 \\ -0,5 \leq y \leq 0,5}} = t;$$

Графіки поля температур $\Phi = \Phi(x, y, t)$ в моменти часу $t = 0$; $t = 0,5$ і $t = 0,7$ зображені на рис.2.

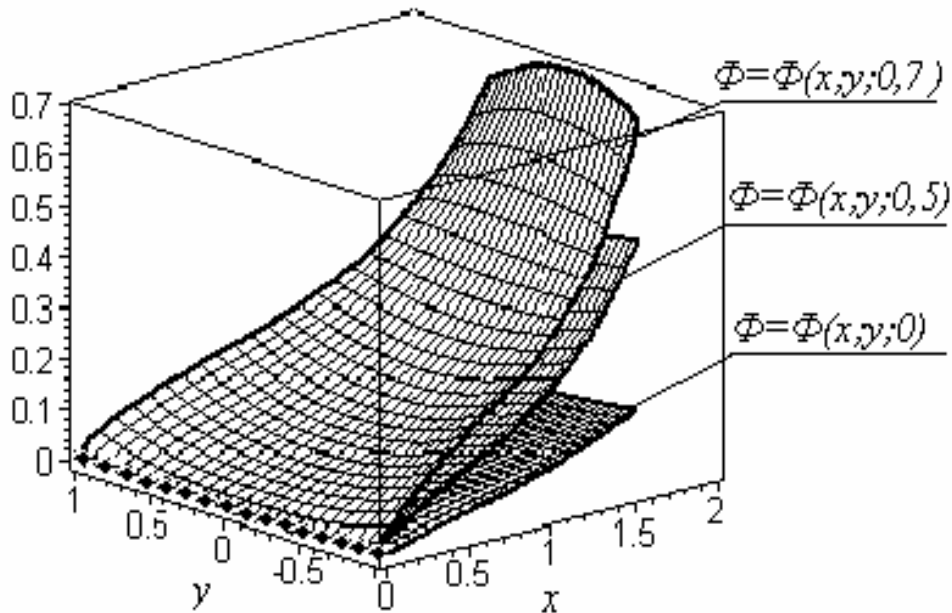


Рис. 2

Висновки. На базі загального методу побудови інтерполяційної поверхні розроблено новий спосіб розв'язання нестационарної задачі теплопровідності за допомогою спеціальних інтерполяційних та апроксимаційних поліномів. Розглянутий спосіб дозволяє будувати аналітичний розв'язок задачі для крайових умов дискретного виду і крайових умов змішаного виду. Запропонований спосіб дає можливість розв'язувати задачі на областях більш складної конфігурації з рівномірною та нерівномірною сіткою.

ЛІТЕРАТУРА

1. Калиткин Н.Н. Численные методы – М.: Наука – 1978.
2. Єремєєв В.С., Малкіна В.М., Осадчук О.В. Побудова інтерполяційних поверхонь із заданими диференціальними властивостями// Праці Таврійської Державної агротехнічної академії. Мелітополь: ТДАТА. – 2005. – Т.29, Вип.4. – С.18-21.
3. Найдиш А.В., Малкіна В.М., Осадчук О.В. Геометричне моделювання поверхонь з дискретно заданими диференціальними властивостями// Вестник Херсонского государственного технического университета. Херсон: ХПТУ. – 2005. – Вип.2(22).–С.219-222.

4. Осадчук О.В. Розв'язання тривимірної задачі Діріхле з дискретно заданими крайовими умовами// Геометричне та комп'ютерне моделювання. Харків: ХДУХТ. – 2005. – Вип.13.– С.154-158.
5. Малкіна В.М., Осадчук О.В. Побудова геометричних моделей за змішаними критеріями наближення// Праці Таврійської Державної агротехнічної академії. Мелітополь: ТДАТА. – 2005. – Т.30, Вип.4. – С.105-108.

Получено 29.03.2006 г.

УДК 514.18

Є.В.Мартин, Б.В.Панкевич

ГІПЕРПОВЕРХНІ ОСНОВНИХ ТРИГОНОМЕТРИЧНИХ ФУНКЦІЙ КОМПЛЕКСНОГО ПРОСТОРУ

Запропоновані геометричні засоби відображення основних тригонометричних функцій синуса і косинуса комплексного аргументу. Розглянуті особливості формування геометричних моделей у вигляді гіперповерхонь, способи їх подання та проєкціювання на три – і двовимірні комплексні, уявні та дійсні підпростори.

Постановка проблеми. Розв'язання значної кількості практичних задач спрощується при використанні чисел вищої розмірності. Геометрична інтерпретація одержаних результатів здійснюється шляхом відображення образів та прообразів функціональних залежностей у підпросторах нижчої розмірності. Пов'язання усіх незалежних параметрів у єдину геометричну модель дозволяє візуалізувати характер взаємозв'язку незалежних змінних і уможливорює виділення окремих областей параметрів. Пропонуються геометричні засоби виділення гіперповерхонь комплексного простору як графічних залежностей основних тригонометричних функцій комплексного аргументу, базових при формуванні замкнених областей параметрів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Визначення тригонометричних функцій комплексного аргументу та їх графічна інтерпретація поверхнею тривимірного простору розглядалися у роботі [1].

© Є.В.Мартин, Б.В.Панкевич, 2006

Деякі аспекти відображення функціональних залежностей комплексних параметрів щодо формування замкнених областей комплексного простору приведені в [2, 3].

Постановка завдання. Розроблення геометричних засобів відображення основних тригонометричних функцій косинуса і синуса при поданні амплітудних значень числами різної розмірності.

Основна частина. Основні тригонометричні функції косинуса і синуса визначають заміною дійсних значень аргументу комплексними:

$$\omega = u + iv = \cos t = \cos(T + i\tau) = \cos T \operatorname{ch} \tau - i \sin T \operatorname{sh} \tau; \quad (1)$$

$z = x + iy = \sin t = \sin(T + i\tau) = \sin T \operatorname{ch} \tau + i \cos T \operatorname{sh} \tau$, залишаючи при цьому значення амплітуди дійсним числом, зокрема рівним одиниці [1]. При комплексних значеннях амплітуди $R = r + ip$

$$\omega = r \cos T \operatorname{ch} \tau - p \sin T \operatorname{sh} \tau + i(p \cos T \operatorname{ch} \tau - r \sin T \operatorname{sh} \tau); \quad (2)$$

$z = r \sin T \operatorname{ch} \tau + p \cos T \operatorname{sh} \tau + i(p \sin T \operatorname{ch} \tau + r \cos T \operatorname{sh} \tau)$, а їх модулі становлять

$$\begin{aligned} |\omega| &= \sqrt{r^2 + p^2} \sqrt{\operatorname{ch}^2 \tau - \sin^2 T}; \\ |z| &= \sqrt{r^2 + p^2} \sqrt{\operatorname{sh}^2 \tau + \sin^2 T}. \end{aligned}$$

Гіперповерхні як моделі залежностей виразу (2) реалізуються у чотиривимірних комплексних просторах відповідно $OTiuiv$ та $OTixiy$. Їх перетином у тривимірних комплексних підпросторах $\tau = \tau_0$ слугують одновимірні багатовиди, які описуються, зокрема при $\tau = 0$, у підпросторах відповідно $OTuiv$ та $OTxiy$ рівняннями:

$$\begin{aligned} \omega &= u + iv = (r + ip) \cos T; \\ z &= x + iy = (r + ip) \sin T \end{aligned} \quad (3)$$

і являють основні тригонометричні функції дійсного аргументу T при комплексному значенні амплітуди.

Модулі комплексних функцій ω і z дійсної змінної T при $\tau = 0$ становлять:

$$|\omega| = \sqrt{r^2 + p^2} \cos T; \quad (4)$$

$$|z| = \sqrt{r^2 + p^2} \sin T.$$

Вирази комплексних функцій дійсної змінної T та їх модулі являють: при дійсних значеннях амплітуди

$$\begin{aligned} \omega &= u = r \cos T; \\ | \omega | &= r \cos T; \\ (5) \quad z &= x = r \sin T; \\ | z | &= r \sin T, \end{aligned}$$

при уявних значеннях амплітуди

$$\begin{aligned} \omega &= iv = ip \cos T; \\ | \omega | &= p \cos T; \\ (6) \quad z &= iy = isin T; \\ | z | &= p \sin T. \end{aligned}$$

Перетином гіперповерхонь як графічних моделей основних тригонометричних функцій синуса і косинуса при комплексних значеннях одразу аргумента і амплітуди у тривимірних комплексних підпросторах $T=T_0$ слугують одновимірні багатовиди, які описуються, зокрема при $T=0$ у підпросторах відповідно $oi\pi iv$ та $oi\pi xi y$, рівняннями:

$$\begin{aligned} \omega &= u + iv = (r + ip) ch \tau; \\ (7) \quad | \omega | &= \sqrt{r^2 + p^2} ch \tau; \\ z &= x + iy = (-p + ir) sh \tau; \\ | z | &= \sqrt{r^2 + p^2} sh \tau \end{aligned}$$

і являють графічні залежності гіперболічних функцій уявного аргументу τ при комплексному значенні амплітуди.

Вирази комплексних функцій дійсної змінної та їх модулі являють: при дійсних значеннях амплітуди

$$\begin{aligned} \omega &= u = r ch \tau; \\ | \omega | &= r ch \tau; \\ (8) \quad z &= iy = -ir sh \tau; \\ | z | &= r sh \tau, \end{aligned}$$

при уявних значеннях амплітуди

$$\begin{aligned} \omega &= iv = ipch\tau & ; \\ (9) \quad & \\ / \omega / &= pch\tau ; \\ z &= x = -psh\tau ; \\ / z / &= psh\tau . \end{aligned}$$

Частинні графіки основних тригонометричних функцій при дійсних значеннях амплітуди реалізуються, зокрема при $\tau=0$, у площинах дійсних змінних $O\tau u$ та $O\tau x$.

При заміні дійсних на уявні значення амплітуди має місце поворот на 90 градусів площин відображення тригонометричних функцій на площини відповідно $O\tau iv$ та $O\tau iy$. В обох випадках має місце графічне зображення основних тригонометричних функцій, які подаються функціями синуса і косинуса дійсного аргументу.

При переході у чотиривимірний комплексний простір $O\tau i u i v$ або $O\tau i x i y$ амплітуди основних тригонометричних функцій змінюються відповідно до значень, які приймають гіперболічні функції у січних комплексних гіперплощинах $\tau=\tau_0$. При побудові каркасу гіперповерхні використовуються у цьому випадку зазначені січні комплексні гіперплощини $\tau = \tau_0$, які визначають амплітудні значення тригонометричних функцій у відповідних січних двовимірних площинах, положення яких задають значення гіперболічних функцій:

$$\begin{aligned} \omega &= u + iv = r(ch\tau_0 \cos T - ish\tau_0 \sin T); \\ (10) \quad & \\ z &= x + iy = r(ch\tau_0 \sin T + ish\tau_0 \cos T). \end{aligned}$$

Розглянемо графічні залежності основних тригонометричних функцій при використанні в якості січних тривимірних комплексних гіперплощин $T=T_0$. При частинному значенні $T=0$ графічні залежності основних тригонометричних функцій реалізуються гіперболічними функціями відповідно у комплексній площині $Oi\tau u$ та площині уявних змінних $Oi\tau y$. При заміні дійсних на уявні значення амплітуди також має місце поворот на 90 градусів площин відображення тригонометричних функцій на площини відповідно площину уявних змінних $Oi\tau v$ та комплексну площину $Oi\tau x$. В обох випадках мають місце графічні зображення гіперболічних функцій

дійсного аргументу. При переході у чотиривимірний комплексний простір амплітуда основних тригонометричних функцій змінюється відповідно до значень, яких приймають тригонометричні функції $\sin(T)$ та $\cos(T)$. При побудові каркасу гіперповерхні у цьому випадку використовуються січні комплексні гіперплощини $T=T_0$, які визначають амплітудні значення гіперболічних функцій у відповідних січних двовимірних площинах:

$$\omega = u + iv = r(\cos T_0 \operatorname{ch} \tau - i \sin T_0 \operatorname{sh} \tau); \quad (11)$$

$$z = x + iy = r(\sin T_0 \operatorname{sh} \tau + i \cos T_0 \operatorname{sh} \tau).$$

Частинні графічні залежності основних тригонометричних функцій приведені на рисунку. У двовимірних комплексних координатних площинах такі залежності являють проекції частинних графіків ортогонально розташованих комплексних функцій дійсної змінної. У тривимірних комплексних підпросторах графіки основних тригонометричних функцій належать площинам, ортогональних до розширеної комплексної площини аргументу, а положення площин визначене дійсною та уявною складовою амплітуди.

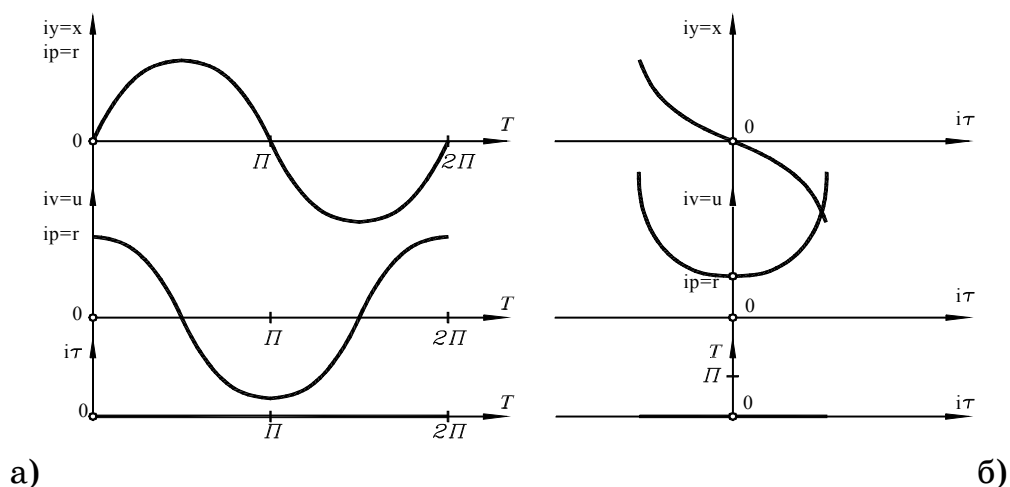


Рисунок - Комплексні креслення основних тригонометричних функцій при

положеннях гіперплощин $\tau=0$ (а) і $T=0$ (б)

Висновки. Розглянуті деякі особливості графічного відображення тригонометричних функцій комплексного аргументу при комплексних значеннях амплітуди. Проведений аналіз способів подання каркасів гіперповерхонь з використанням ортогонально розташованих січних гіперплощин відповідно тригонометричними та гіперболічними функціями дійсного аргументу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Маркушевич А.И., Маркушевич Л.А. Введение в теорию аналитических функций.-М.: Просвещение. – 1977.- с. 92-96.
2. Гумен М.С. Мартин Є.В., Ренкас А.Г. Сферы комплексного простору // Прикладна геометрія та інж. графіка.- К.:КНУБА, 2002.- Вип.71.- с.37-40.
3. Мартин Є.В., Ренкас А.Г. Відображення тригонометричних функцій у комплексному просторі // Вестн. Херсонського гос. ун-та.-Херсон: ХДУ, 2002.-Вип.2.- с.305-308.

Получено 19.03.2006 г.

В.И.Нартя, М.М.Хасенов, Е.Т.Суиндииков, И.А.Жученко

**ИЗ ОПЫТА РАЗРАБОТКИ ПРОЕКТА СТАНДАРТА
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ «ДИЗАЙН» В РЕСПУБЛИКЕ
КАЗАХСТАН**

Постановка проблемы. В статье раскрывается опыт разработки проекта государственного общеобязательного стандарта высшего профессионального образования по специальности 050421–Дизайн (бакалаврат) на кафедре изобразительного искусства и дизайна Карагандинского государственного университета имени Е.А.Букетова. Работа над стандартом осуществлялась для участия в открытом конкурсе по линии государственных закупок услуг в сфере образования проводимого министерства образования и науки Республики Казахстан. До разработки названного стандарта авторы уже обладали необходимым опытом работы по разработке образовательных стандартов. В 1997 году нами был разработан проект стандарта высшего профессионального образования по специальности 0613–«Дизайн» и внесен на рассмотрение в УМО по специальностям архитектуры и строительства при КазГАСА (головном вузе Республики Казахстан); в 2004 г. – проект ГОСО по специальности 052130–Дизайн (по профилю) с участием в составе коллективов- разработчиков от трех вузов (КарГУ им. Е.А.Букетова, Таразский ГУ им. Дулати, Каз ГАСА), который утвержден и введен в действие.

При разработке проекта нового стандарта мы придерживались того, чтобы качество содержания проектируемого стандарта соответствовало требованиям основных положений ГОСО РК 5.03.001- 2004, разработанных и внесенных Департаментом высшего и послевузовского образования и Национальным центром государственных стандартов образования и тестирования министерства образования и науки Республики Казахстан. На завершающем этапе подготовка проекта стандарта осуществлялась по предложенному макету ГОСО по специальности (см. приложение ГОСО РК 5.03.001–2004). Проект разработанного нами стандарта был направлен на республиканский конкурс и получил экспериментальное заключение для внедрения в образовательный процесс.

© В.И.Нартя, М.М.Хасенов, Е.Т.Суиндииков, И.А.Жученко, 2006

Основная часть. Рассмотрим наши подходы в разработке Госстандарта высшего образования по специальности 050421 – Дизайн (бакалаврат).

Как известно, исходным пунктом для разработки Госстандарта специальности высшего образования является определение её *квалификационной характеристики* (требований подготовленности), включающей вид деятельности, набор знаний и умений выпускника, т.е. составляется модель специалиста [1]. Исходя из этого положения, наиболее важным этапом разработки проекта стандарта по специальности 050421–Дизайн было создание *компетентностной модели специалиста* с учетом многопрофильности специализаций. На основе этой модели определялись требования к общей образованности, профессиональным и специальным компетенциям, требования к образованности по основным циклам дисциплин и отдельным учебным дисциплинам специальности. В основных положениях ГОСО 5.03.001–2004 отмечено, что *компетентностная модель специалиста позволит обеспечить более высокую мобильность выпускников в изменяющихся условиях рынка труда*. Такая модель специалиста представлена в нашем проекте стандарта описанием того, каким набором компетенций должен обладать выпускник вуза по специальности, к выполнению каких профессиональных функций он должен быть подготовлен и какова должна быть степень его подготовленности к выполнению конкретных функций в сфере художественно-проектной дизайнерской деятельности.

При отборе и конструировании содержания стандарта по специальности 050421–Дизайн был использован *концептуальный подход построения стандарта на основе модулей*. При модульном подходе ведущей становится идея разделения общеобязательного компонента содержания образования на неизменяемые части-модули. Модуль представляет собой крупную часть содержания изучаемого материала, характеризуемого строгим отбором понятийного и деятельностного компонентов, рассчитанного на определенное количество часов. Под понятийным компонентом понимается совокупность дидактических единиц, которые должны быть освоены обучающимися. В деятельностный компонент входят практические умения и навыки, которыми должен овладеть обучающийся. Также устанавливается трудоемкость освоения содержания дисциплины по кредитной технологии обучения. Модульный подход при формировании программ и стандартов создает предпосылки для реализации на практике функций объективного контроля. Так, формирование модулей со строго определен-

ным содержанием учебного материала позволит разработать для каждого модуля тесты, способные точно и объективно определять качество усвоения учебного материала. Модульность придает образованию новые черты: комбинаторность, структурированность и технологичность [2].

В соответствии с модульным подходом осуществлялся отбор обязательных компонентов содержания образовательных программ по каждой дисциплине специальности «050421- Дизайн». Отбор их содержания первоначально закладывается в концентрированном изложении в виде основных разделов той или иной дисциплины.

В процессе работы над проектом стандарта анализировался имеющийся опыт разработки стандартов высшего профессионального образования [3,4].

Анализ этого опыта показывает, что подготовка дизайнеров предполагает широкую профессиональную базовую подготовку и включает в себя как общеобразовательные, базовые, так и профилирующие дисциплины. В стандарте осуществлен отбор необходимых и обязательных учебных дисциплин, представляющих содержание и структуру единой образовательной программы.

В рамках специальности «050421–«Дизайн» был скорректирован и унифицирован перечень трёх образовательных программ по профилям подготовки дизайнеров: дизайн графический, дизайн архитектурный и дизайн промышленный. Данная типизация образовательных программ в рамках специальности была осуществлена с учетом аналогов образовательных программ подготовки дизайнеров за рубежом. Одновременно с этим потребовалась унификация и изменение названий учебных дисциплин для их сопоставимости и узнаваемости. Было определено оптимальное соотношение обязательных компонентов образовательных программ и компонентов по выбору с целью представления самостоятельности вузу в вопросах выбора содержания обучения и создания возможности организации учебного процесса по нелинейной схеме. Также учитывалась возможность построения образовательного стандарта на основе зачетных единиц (кредитов), основанного на введении единого механизма учета усвоения образовательных программ в рамках евразийского пространства.

Таким образом, в проект нового стандарта специальности были внесены значительные изменения в отличие от действующего стан-

дарта. Рассмотрим структуру содержания проекта типового учебного плана стандарта специальности «050421- Дизайн». Цикл общеобразовательных дисциплин включает 7 курсов – история Казахстана (3 кредита), философия (3), казахский (русский) язык (3), иностранный язык (8), физическая культура, информатика (3), БЖД и экология (3). Всего кредитов на данный цикл предметов выделено - 39. Из них на обязательный компонент – 23 кредита. Базовые дисциплины составляют 17 предметов. Это дисциплины: история искусств (1), живопись-I, II, III (3+3+3), рисунок-I, II, III (3+3+3), инженерная графика (2), начертательная геометрия (2), композиция (3), цветоведение (3), конструирование объектов дизайна (3), история и теория дизайна (3), производство объектов дизайна (2), профессиональные компьютерные программы (2). Всего выделено кредитов на них (обязательный компонент) – 39.

В цикл профилирующих дисциплин, по каждой специализации, включены по 12 курсов. К числу дисциплин по специализации «Графический дизайн» отнесены – основы коммуникативистики (3), типология графического дизайна (2), специальные виды рекламы (3), реклама и печатная графика-I, II (2+2), элементы и процессы графического дизайна-I, II, III, IV (4+4+4+4), проектирование объектов графического дизайна-I, II, III (6+6+6). Выделено кредитов (обязательный компонент) – 47.

В цикл профилирующих дисциплин специализации «Промышленный дизайн» включены – типология промышленного дизайна (2), комплектное проектирование изделий (3), проектирование коллекционных изделий (3), графика и моделирование-I, II (2+3), элементы и процессы промышленного дизайна-I, II, III, IV (4+4+4+4), проектирование объектов промышленного дизайна- I, II, III (6+6+6).

В дисциплины специализации «Архитектурный дизайн» входят – типология архитектурной среды (2), ландшафтный дизайн (3), инженерная инфраструктура (3), архитектурная графика и макетирование-I, II (2+3), элементы и процессы архитектурного дизайна-I, II, III, IV (4+4+4+4), проектирование объектов архитектурного дизайна- I, II, III (6+6+6).

В образовательную программу подготовки дизайнеров включены следующие виды практик: учебная практика-I, II (2 нед. + 2 нед.), производственная практика-I, II (2 нед. + 2 нед.), преддипломная

практика [2]. На итоговую Государственную аттестацию выносятся госэкзамены (устанавливаемые Ученым советом вуза) и защита дипломной работы (проекта). Опыт первого года работы по ней в КарГУ показал, что для прикладных дисциплин, насыщенных расчетно-графическими заданиями, творческими работами (рисунок, живопись, графика, дизайн и др.), проведение лекционных и практических занятий по схеме «академический час равен одному контактному часу (50 минут)» является малоэффективной из-за потери части учебного времени на адаптацию и «настрой» студентов к осмыслению и «погружению» в понятийный материал, а также на практические действия, формирующие навыки и умения. Можно предложить в некоторых случаях, когда число кредитов по дисциплине равно, например, двум, принять за основу академический период обучения квартал - продолжительностью 8 недель, или триместр - продолжительностью 10 недель. Тогда 100-минутные занятия (путем объединения двух 50-ти минутных занятий), не нарушая структуры учебного плана, позволят снизить этот эффект, а работа студентов будет более плодотворной.

Экзамены по прикладным, графическим и творческим дисциплинам целесообразнее проводить по традиционной схеме с использованием билетов, в которых наряду с теоретическими вопросами присутствовали бы практические задания на графические построения. Считаем необязательным присутствие в аудитории всех без исключения студентов во время занятий СРСП, проводимых в форме самостоятельной работы под наблюдением преподавателя. Как показало наблюдение – целесообразнее и эффективнее такая организация работы, когда группа разбивается на подгруппы и устанавливается график индивидуальной работы, с отстающими студентами, работы студентов в библиотеке для приобретения навыков поиска в каталогах учебной литературы и изучение учебного программного материала.

Достоинством кредитной технологии обучения является возможность расширения и углубления базовых знаний по выбору той или иной дисциплины. Кроме того, проведение итогового контроля знаний в форме экзамена повышает ответственность студентов. При этом, как считают разработчики стандартов образования в ведущих странах, необходимо делать акцент на стандартизацию «итога» процесса обучения и способов изменения данного «итога».

Выводы. Считаем, что на уровне республики необходимы такие межвузовские структуры, которые бы разрабатывали унифицированные требования к структуре и содержанию разделов и тем дисциплин, отвечающих критериям подготовки специалистов (бакалавра и магистра). Причем, это необходимо распространить на все обязательные компоненты общеобязательных, базовых и профилирующих дисциплин. Именно такой подход должен привести к качественному отбору содержания образовательных программ по специальностям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Образование высшее профессиональное. Бакалавриат. Основные положения. ГОСО РК 5.03.001 – 2004.
2. Смирнов С., Шелихова Н. Преемственность стандартов. // Высшее образование в России № 4, 2000. – С. 44 – 47.
3. Симухин Г. Стандартизация профессионального образования: история, опыт, проблемы // Высшее образование в России № 4, 2001 – С. 18– 27.
4. Токтаганов Т. Стандарт специальности: форма и содержание // Высшая школа Казахстана № 4, 2002. – С. 5.
5. Основы кредитной системы обучения в Казахстане. – Алматы: Қазақ университеті, 2004. –198 с.

Получено 22.03.2006 г.

АЛГЕБРАЇЧНІ БАГАТОВИДИ В ПАРІ ІНЦІДЕНЦІЙ ГЕОМЕТРИЧНИХ ФОРМ 1-ГО СТУПЕНЯ

Постановка проблеми. Застосування синтетичних методів для конструювання технічних форм та моделювання процесів найбільшій мірі вимагає їх комп'ютеризації, оскільки використання традиційного інструментарію циркуля та лінійки є досить трудомістким процесом, а математичний апарат можливий тільки в найпростіших випадках. Причому комп'ютеризацію методів перетину та з'єднань геометричних фігур, що є основою методу інцидентів, доцільно проводити знизу до доверху, адже кожен наступний рівень формалізації базується на включенні або ж доповненні моделей нижчого рівня – включно до взаємовідношень між точками, прямими та площинами. Покажемо це на прикладі формування можливих алгебраїчних багатовидів в ланцюзі інцидентів із двох геометричних форм 1-го ступеня.

Аналіз основних досліджень. В геометричному плані розглянуті підходи комп'ютеризації методу інцидентів та його застосування для конструювання багатовидів ґрунтуються на класичних дослідженнях в області проєктивної геометрії [1] та конструктивним методам формоутворення і дослідження алгебраїчних кривих та поверхонь [2, 3]. Перевірка створених алгоритмів здійснюється на основі об'єктно-орієнтованої технології в системі комп'ютерної графіки *AutoCAD* мовами програмування *C++* та *Lisp* [4].

Постановка завдання. До геометричних форм 1-го ступеня належать прямолінійний точковий ряд, плоский пучок прямих та осьовий пучок площин [1]. Ці множини характеризуються широким набором обчислювальних побудов, наприклад, формування визначеної послідовності елементів цих множин із заданим законом їх розподілу, вибору конкретного елемента по афінній або ж проєктивній відповідності, знаходження фігур перетину відповідних елементів і т.п. Для реалізації таких обчислювальних побудов були створені програмні функції на мові *Lisp* [4] та класи на мові *C++* з відповідним набором методів, об'єднаних в моделях *LinePoints* – прямолінійний ряд, *CenterLines* – пучок прямих та *AxisPlanes* – пучок площин.

© В.М.Несвідомін, 2006

На основі цих моделей виконується наступний крок формалізації синтетичної методів, а саме формування та дослідження алгебраїчних багатовидів в ланцюзі інциденцій із двох і більше вище наведених однопараметричних множин. Так із двох однопараметричних множин можна скласти всього шість варіантів пар: 1) *LinePoints & LinePoints*; 2) *LinePoints & CenterLines*; 3) *LinePoints & AxisPlanes*; 4) *CenterLines & CenterLines*; 5) *CenterLines & AxisPlanes*; 6) *AxisPlanes & AxisPlanes*. В кожному із цих варіантів вид результуючого алгебраїчного багатовиду залежить від: 1) взаємного положення носіїв геометричних множин; 2) виду відповідності між елементами цих множин – однозначні (афінні чи проєктивні) або ж багатозначні; 3) застосування умов паралельності та перпендикулярності між такими елементами однопараметричних множин, як прямі та площини. Вище перераховані питання є предметом розгляду даної статті на основі побудови моделі багатовиду та аналізу обчислювальних експериментів.

Основна частина. В проєктивній геометрії найбільшу увагу привернуто до багатовидів, які отримують методами інциденцій в парі: 1) *LinePoints $\cup$ LinePoints*; 2) *CenterLines $\cap$ CenterLines*; 3) *AxisPlanes $\cap$ AxisPlanes*, між елементами яких встановлена проєктивна відповідність, і як частковий випадок – афінна відповідність. Так, на рис.1,а побудована поверхня гіперболічного параболоїда з'єднанням афінно-відповідних точок двох прямолінійних рядів AB і $A'B'$, носії яких мимобіжні. Якщо ці носії AB і $A'B'$ перетинаються, отримаємо плоский пучок прямих 2-го порядку (рис.1,б). На рис.1,в побудована поверхня однополого гіперболіда із умови завдання проєктивної відповідності $ABC \wedge A'B'C'$ на мимобіжних носіях AB і $A'B'$.

Перетин двох пучків прямих *CenterLines $\cap$ CenterLines* можливо тільки із умови коли їх площини збігаються. Тоді при обертанні у протилежних напрямках двох променів з центрами A і B на однакові кути, точки перетину афінно-відповідних променів лежать на гіперболі (рис.1,г). Якщо ж кут обертання променя з центром у точці A буде у двічі більший по відношенню до променя з центром у точці B , отримаємо вже кубічну криву з трьома асимптотами (рис.1,е). В цьому випадку порядок кривої збільшився на одиницю за рахунок

завдання дво-однозначної відповідності між двома пучками прямих. Якщо ж обертання променів з двох пучків A і B будуть в один бік, знову ж таки отримаємо кубічну криву (рис.1, д), але вже з подвійною точкою B – в центрі того пучка, промінь якого обертається повільніше в два рази.

Два осьових пучки площин в перетині можуть утворювати наступні лінійчаті поверхні: 1) конус 2-го порядку (рис.1,ж), якщо осі пучків PQ і $P'Q'$ перетинаються, 2) кубічний конус (рис.1,з), якщо площина з віссю $P'Q'$ обертається у два рази швидше порівняно з обертанням площини навколо осі PQ ; 3) гіперболічний параболоїд обертання (рис.1,к), якщо осі PQ і $P'Q'$ двох пучків площин мимобіжні, а їх площини обертаються на однакові кути навколо власних осей; 4) лінійчасту поверхню 3-го порядку, якщо одна із площин пучків PQ і $P'Q'$ буде обертатися у два рази швидше.

Метод інциденцій – перетину та з'єднання в парі *LinePoints & CenterLines* без додаткових умов не дозволяє формувати хоч-би які алгебраїчні багатовиди. Але включення умов паралельності та перпендикулярності між елементами цих множин приводить до відповідних геометричних форм. Так, якщо з кожної точки ряду AB провести прямі паралельно променями пучка прямих PAB' , які знаходяться, наприклад, у афінній відповідності, отримаємо плоский пучок прямих 2-го порядку (рис.2,а). Якщо з кожної точки прямолінійного ряду AB провести перпендикуляри до афінно-відповідних прямих пучка PAB' , тоді однопараметрична множина основ перпендикулярів утворює плоску криву 3-го порядку (рис.2,б). Збільшення порядку кривої пояснюється тим, що перпендикулярність в евклідовому просторі з проективної точки зору пов'язана з абсолютною інволюцією на невластній прямій площини [2]. Тому плоска кубіка є геометричним місцем точок перетину пучка прямих 2-го порядку з пучком прямих 1-го порядку. Якщо носій прямолінійного точкового ряду AB не лежить в площині пучка прямих 1-го порядку PAB' (рис.2,в), то прямі з точок прямолінійного ряду AB , які паралельні афінно-відповідним прямим пучка PAB' , утворюють поверхню гіпару. На рис.2,г побудована лінійчата поверх-

ня, як геометричне місце прямих з точок прямолінійного ряду AB перпендикулярно до афінно-відповідних прямих пучка $PA'B'$.

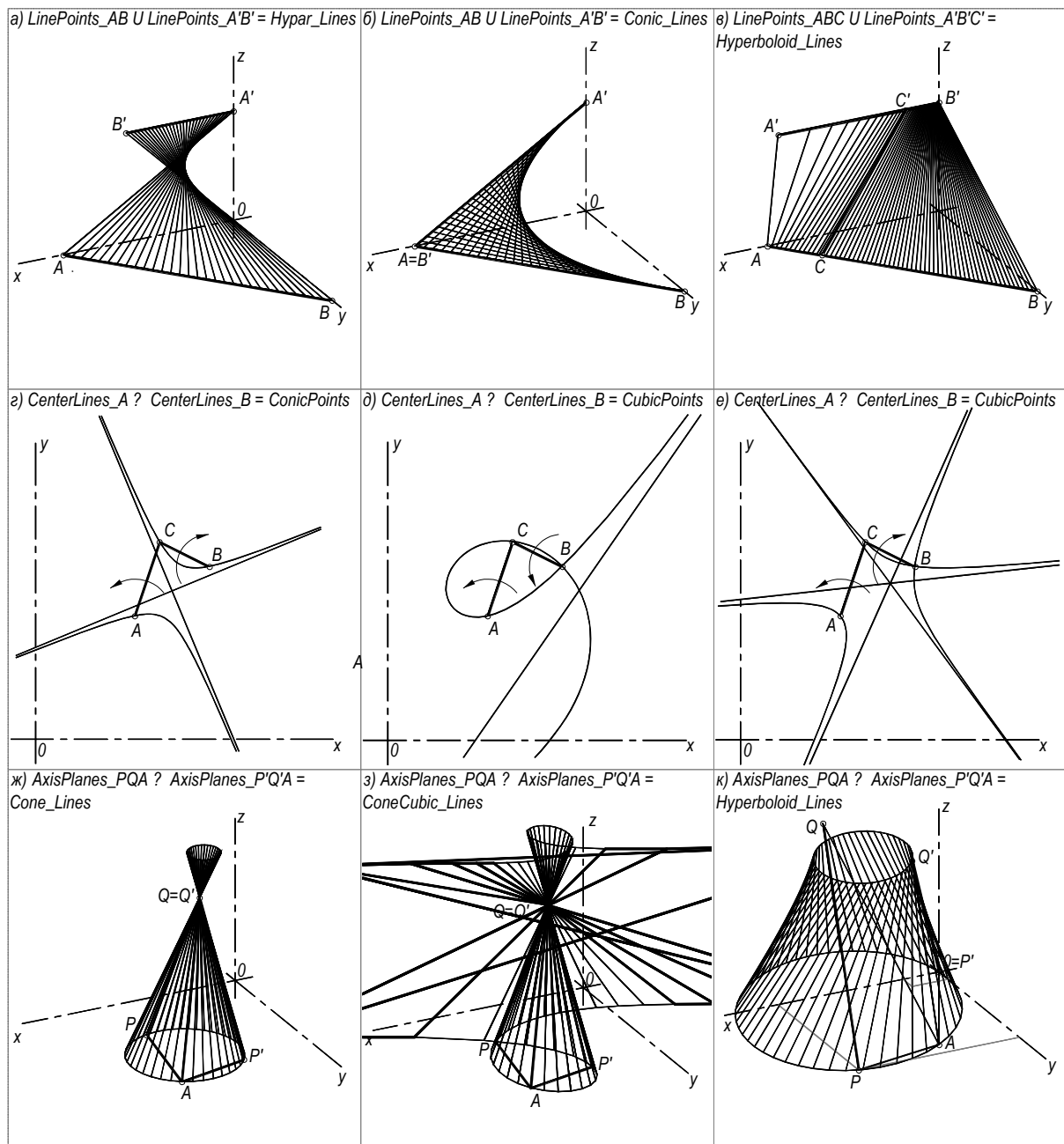


Рисунок 1 - Геометричні форми в парі інциденцій форм 1-го ступеня

Аналогічні дослідження можна провести в парі інциденцій *LinePoints & AxisPlanes*. Так, на рис.2,д побудована поверхня гіпару з прямолінійними твірними через точки прямолінійного ряду AB , які перпендикулярні до афінно-відповідних площин з віссю $PQA'B'$. Геометричну частину завдання поверхні гіпару вище наведеним способом

можна спростити, взявши тільки носій AB прямолінійного точкового ряду та вісь PQ пучка площин. Тоді, якщо в точках перетину площин пучка PQ з прямою AB провести перпендикуляри до цих площин, їх однопараметрична множина утворює поверхню гіпару. В цьому випадку, умову перпендикулярності твірних гіпару до площин пучка потрібно трактувати як завдання афінно-відповідного нескінченно віддаленого точкового прямолінійного ряду AB' напрямками нормалей до площин осьового пучка.

Висновки та перспективи. Побудовані алгебраїчні багатовиди в комп'ютерних моделях інциденцій пар геометричних форм 1-го ступеня дозволяють зробити наступні висновки: 1) порядок алгебраїчного багатовиду методом інциденцій в одно-однозначних відповідностях між елементами основних геометричних форм 1-го ступеня рівняється двом; 2) порядок багатовиду можна збільшити тільки за рахунок використання багатозначних відповідей між елементами геометричних форм 1-го ступеня; 3) умови паралельності та перпендикулярності розширяють можливості по формуванню алгебраїчних багатовидів; 4) умова перпендикулярності може впливати на зростання порядку алгебраїчного багатовиду. Наступним кроком формалізації методу інциденції є дослідження можливих алгебраїчних багатовидів в ланцюзі із трьох і більше геометричних форм 1-го ступеня.

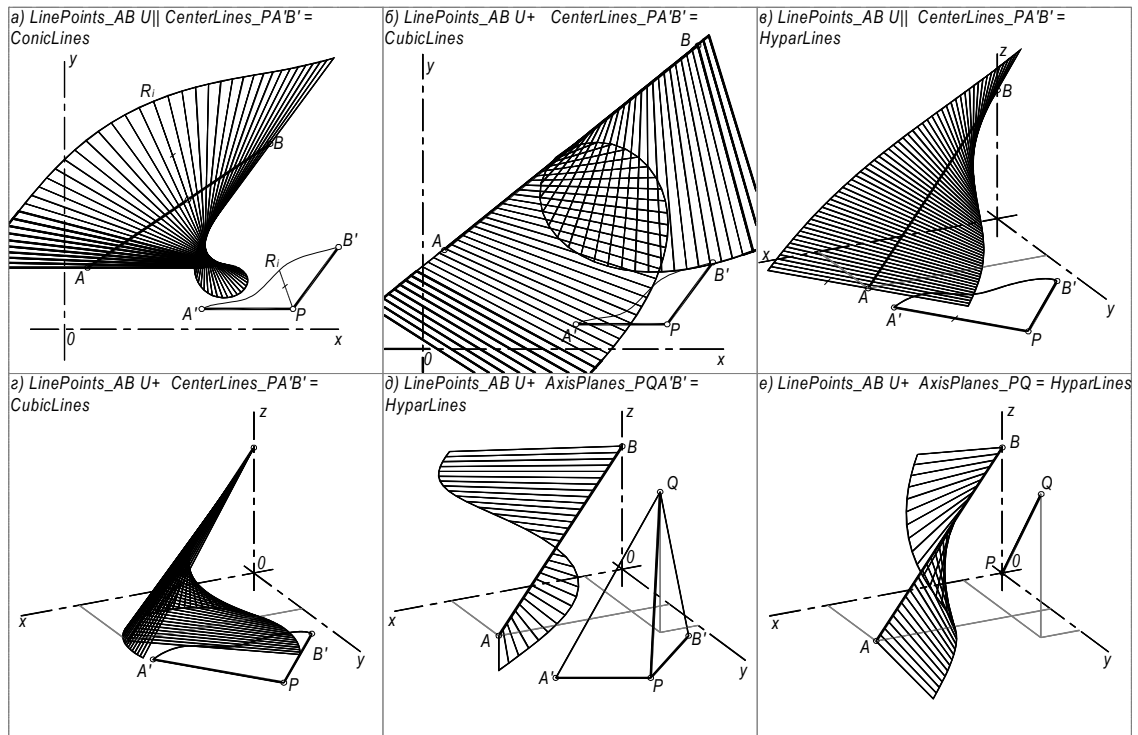


Рисунок 2 - Геометричні форми з умовами паралельності та перпендикулярності

ЛІТЕРАТУРА

1. Глаголев Н.А. Проективная геометрия. – М.: Высшая школа, 1963. – 344 с.
2. Обухова В.С. Синтетические методы конструирования алгебраических поверхностей высших порядков // Прикладная геометрия и инженерная графика, 1971. - Вып.12. – С.16-21.
3. Несвідомін В.М. Комп'ютерне моделювання алгебраїчних багатовидів ланцюгом відповідей між геометричними формами 2-го ступеня // Геометричне та комп'ютерне моделювання. - Харків: ХДУХТ, 2005.- Вип.12.- С.69-75.
4. AutoCAD 2000. ObjectARX Developer's guide. - www.autodesk.com/developer. – 839 p.

Получено 16.03.2006 г.

СОДЕРЖАНИЕ

И.Б. Аббасов, В.В. Орехов

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ КИНОТЕАТРА
В СРЕДЕ ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ 3 DS MAX

3

О.В. Архіпов, А.А. Матвійчук

ОСОБЛИВОСТІ ТРИВИМІРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ У
СЕРЕДОВИЩАХ ПАКЕТІВ AUTOCAD ТА MECHANICAL
DESKTOP

8

Н.М.Аушева, А.А.Демчишин

ПОСТПРОЦЕСІНГ ДІЛЯНКИ ЗОБРАЖЕННЯ
ТРИВИМІРНОЇ СЦЕНИ

14

А.М. Ахметшин, Б.С. Бусыгин, В.А. Бойко

НОВЫЙ МЕТОД ВЫЧИСЛЕНИЯ ИНВАРИАНТНЫХ К
ВЛИЯНИЮ ПОВОРОТА ХАРАКТЕРИСТИК ИЗОБРАЖЕНИЙ
В ДЕКАРТОВОЙ СИСТЕМЕ КООРДИНАТ

19

Ю.І.Бадаєв, О.М.Ковтун

СПЛАЙНИ П'ЯТОГО СТЕПЕНЯ

24

С.В.Билецкий, Б.Б.Ситабдиев

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТА «ТЕПЛОВОГО РЕЗОНАНСА»
ПРИ КОНСТРУИРОВАНИИ ЖАРОЧНЫХ ШКАФОВ

29

В.Д. Борисенко, І.В. Устенко, С.А. Устенко

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ЛОПАТКОВИХ
АПАРАТІВ ОСЬОВИХ ТУРБІН

34

И.А.Бочарова

ИНТЕРАКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЕЙ
ЗУБЬЕВ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

41

В.В. Ванін, М.С. Гумен, О.М. Гумен

ВИРАЖЕННЯ РІВНЯНЬ РАЦІОНАЛЬНИХ БАГАТОВИДІВ
У ПАРАМЕТРИЧНІЙ ФОРМІ

48

Б.С. Воронцов, Т.Н. Чаплинская

ПРОИЗВОДЯЩАЯ ПОВЕРХНОСТЬ РЕЕЧНОГО ТИПА С
ИЗМЕНЯЕМОЙ ПРОДОЛЬНОЙ ФОРМОЙ ЗУБА

53

В.В. Гнатушенко, І.С. Дмитрієва

ВИЗНАЧЕННЯ ЕПІПОЛЯРНИХ І ТРИФОКУСНИХ
ОБМЕЖЕНЬ
ПРИ МОДЕЛЮВАННІ СУПУТНИКОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ

57

С.М. Гумен

МОДИФІКОВАНИЙ ЕП'ЮР РАДІЩЕВА

63

Д.В. Давиденко, Д.В. Кукуруза

МЕТОД ЗВЕДЕННЯ ПОЗИЦІЙНОЇ ЗАДАЧІ ДО МЕТРИЧНОЇ 68

В.Я. Даниленко

СИНЕРГЕТИЧНІ ТА СИСТЕМНІ МОЖЛИВОСТІ
ПАРАМЕТРИЗАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ І ПЕРЕТВОРЕНЬ ПРОСТОРУ 73

А.О. Дашкевич

АЛГОРИТМ МОДЕЛЮВАННЯ СХЕМИ ДІЇ
МЕХАНІЗМУ ТІСТОМІСИЛЬНОЇ МАШИНИ 78

А.Т. Дворецкий

МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОНЦЕНТРИРУЮЩИХ
СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ О КВАЗИФОКАЛЬНЫХ
ТОЧКАХ И ЛИНИЯХ 83

В.В. Дзюба

ІНВЕРСІЯ ОРТОГОНАЛЬНИХ ПЛОСКИХ ТА
ПРОСТОРОВИХ СІТОК 89

Л.Л. Запольський, А.П. Саворона

ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ
ШЕСТИЛАНКОВОГО МЕХАНІЗМУ КРОКУВАННЯ
95

А.И. Караев, В.В. Кузьминов

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ МЕТОДА ПОСТРОЕНИЯ ЛИНИЙ УРОВНЯ
НА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ

В.М. Комяк, О.М. Соболев

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ РОЗБИВАННЯ З УРАХУВАННЯМ
РОЗПОВСЮДЖЕННЯ РІВНОМІРНИХ ХАРАКТЕРИСТИК
НА ТОЧКОВІЙ МНОЖИНІ

107

И.А.Кузнецова

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВИЗУАЛЬНОГО ВОСПРИЯТИЯ ОБЪЕКТОВ
ДИЗАЙНА, ДЕКОРАТИВНО-ПРИКЛАДНОГО И
ИЗОБРАЗИТЕЛЬНОГО ИСКУССТВА

111

Л.Н.Куценко, И.Ю.Адашевская, В.М.Шатохин

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФАЗОВЫХ
ПОРТРЕТОВ КОЛЕБАНИЯ ДВОЙНОГО МАЯТНИКА

120

А.Н.Ларин, Н.И.Мисюра

ПОСТРОЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ
ЗВЕНЬЕВ ЦЕПИ ГРУНТОМЕТАТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА

125

В.Г.Лу

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ
ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОЙ РАБОТЫ РТС В
ВИРТУАЛЬНОЙ СРЕДЕ МКС

130

А.А.Лісняк, Є.М.Гринченко

ОПИС ТРИКУТНИКА РЕЛЛО
ЗА ДОПОМОГОЮ НОРМАЛЬНОГО РІВНЯННЯ

135

В.М.Малкіна, О.В.Тітова

РОЗВ'ЯЗАННЯ НЕСТАЦІОНАРНОЇ ЗАДАЧІ
ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ ЗА ДОПОМОГОЮ СПЕЦІАЛЬНИХ
ІНТЕРПОЛЯЦІЙНИХ

ПОЛІНОМІВ

140

Є.В.Мартин, Б.В.Панкевич

ГІПЕРПОВЕРХНІ ОСНОВНИХ ТРИГОНОМЕТРИЧНИХ
ФУНКЦІЙ КОМПЛЕКСНОГО ПРОСТОРУ

145

В.И.Нартя, М.М.Хасенов, Е.Т.Суиндигов, И.А.Жученко

ИЗ ОПЫТА РАЗРАБОТКИ ПРОЕКТА СТАНДАРТА
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ПО
СПЕЦИАЛЬНОСТИ «ДИЗАЙН» В РЕСПУБЛИКЕ
КАЗАХСТАН

150

В.М.Несвідомін

АЛГЕБРАЇЧНІ БАГАТОВИДИ В ПАРІ ІНЦІДЕНЦІЙ
ГЕОМЕТРИЧНИХ ФОРМ 1-ГО СТУПЕНЯ

156

РЕФЕРАТЫ

УДК 681.327

Аббасов И.Б., Орехов В.В. Концептуальная реконструкция кинотеатра в среде трехмерного моделирования 3 ds max // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 2 (43). – Дніпропетровськ, 2006.–С.3–7.

Работа посвящена концептуальной реконструкции кинотеатра с использованием среды трехмерного моделирования 3 ds max. Создана трехмерная компьютерная модель реконструированного здания с обновленным дизайном. Разработаны основные элементы фирменного стиля дизайна.

Библ. 5, ил. 5.

УДК 515.2 + 681.3

Архипов О.В., Матвійчук А.А. Особливості тривимірного моделювання у середовищах пакетів AutoCAD та Mechanical Desktop // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 2 (43). - Дніпропетровськ, 2006. - С. 8 – 13.

Розглянуто світові тенденції розвитку тривимірного комп'ютерного моделювання. Обґрунтовано сучасні вимоги до тривимірних комп'ютерних моделей твердих тіл. Запропоновано, формалізовано й апробовано алгоритми й підходи до створення тривимірних комп'ютерних моделей тіл складної геометричної форми в середовищі пакетів AutoCAD й Mechanical Desktop. Побудовано параметричні моделі окремих тіл складної форми й здійснено поєднання ряду з них у вузол.

Бібл. 2, іл. 6.

УДК 681.327.1

Аушева Н.М., Демчишин А.А. Постпроцесінг ділянки зображення тривимірної сцени // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 2 (43). – Дніпропетровськ, 2006. – С. 14 – 19.

Розглянуто алгоритм створення спеціальних ефектів на базі постпроцесінгу ділянки зображення тривимірної сцени. Двовимірні віконні координати ділянки отримуються за допомогою перетворення тривимірних однорідних координат білборду. Коректне відображення білборду здійснюється з використанням буферу трафарету.

Бібл. 7, іл.5.

УДК 004.93

Ахметшин О.М., Бусигін Б.С., Бойко В.О. Новий метод обчислення інваріантних до впливу повороту характеристик зображень у декартової системи координат // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. Випуск 2 (43). – Дніпропетровськ, 2006. – С. 19 – 24.

Описано новий метод виділення інформативних характеристик зображень у спектральній області, інваріантний до впливу повороту аналізованого зображення і не потребуючого переходу до полярної системи координат. Метод досить простий і зручний, оскільки всі математичні операції відбуваються у декартовій системі координат. Представлено результати чисельного моделювання і реальної перевірки працездатності методу.

Бібл. 5, іл. 4.

УДК 515.2

Бадаєв Ю.І., Ковтун О.М. Сплайни п'ятого степеня // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 2 (43). – Дніпропетровськ, 2006. – С. 24 – 28.

Пропонується новий метод побудови сплайнів, заснований на поліномах п'ятого степеня. Такі сплайни дають можливість отримувати локальні сплайни із другим порядком гладкості, що є перевагою перед кубічними сплайнами, та отримувати криві до четвертого порядку гладкості включно. При цьому розв'язання необхідних систем лінійних рівнянь є чисельно стійким і однозначним. При заданні третього і четвертого порядку гладкості сплайни п'ятого степеня мають властивості до затухання небажаних коливань. У порівнянні із сплайнами третього степеня сплайни п'ятого степеня мають більший коефіцієнт затухання коливань осциляцій.

Бібл. 4., іл. 2.

УДК 515.2

Билецкий С.В., Ситабдиев Б.Б. Моделирование эффекта «теплового резонанса» при конструировании жарочных шкафов // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 2 (43). – Дніпропетровськ, 2006. – С. 29 – 33.

Рассмотрена схема конструкции жарочного шкафа цилиндрической формы, в котором четыре ТЭНа расположены симметрично вдоль оси цилиндра.

Библ. 8, ил. 1.

УДК 515.2

Борисенко В.Д., Устенко І.В., Устенко С.А. Розробка програмного забезпечення автоматизованого проектування лопаткових апаратів осьових турбін // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 2 (43). – Дніпропетровськ, 2006. – С. 34 – 41.

Розглянуто питання розробки модулів геометричних і газодинамічних розрахунків лопаткових апаратів осьових турбін, які можуть застосовуватися в системах їх автоматизованого проектування.

Бібл. 10, іл. 7.

УДК 515.2:621.83

Бочарова И.А. Интерактивное управление геометрией зубьев зубчатых колес // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 2 (43). – Дніпропетровськ, 2006. – С. 41 – 47.

Рассмотрены вопросы интерактивного управления геометрией зубьев зубчатых колес. Разработаны математический аппарат и программа для управления формой исходного контура производящей поверхности реечного типа и геометрией рабочих участков контактирующих зубьев.

Библ.5, ил.3.

УДК 515.2

Ванін В.В., Гумен М.С., Гумен О.М.. Вираження рівнянь раціональних багатovidів у параметричній формі // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 2 (43). – Дніпропетровськ, 2006. – С. 48 – 53.

Одержані рівняння раціональних багатovidів у параметричній формі у внутрішній проективній системі координат неевклідового простору. Такий підхід дозволяє одержувати неперервні сім'ї раціональних багатovidів з необхідними розмірностями і алгебраїчними порядками.

Бібл.12.

УДК 515.2:621.83

Воронцов Б.С., Чаплинська Т.М. Твірна поверхня рейкового типу зі змінною поздовжньою формою зуба // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 2 (43). - Дніпропетровськ, 2006. - С. – 53 – 56.

Розглядається керування поздовжньою формою твірної поверхні рейкового типу. Отримано математичні залежності для інтерактивного синтезу передач із круговою лінією зуба.

Результати роботи можна використати для проектування зуборізних голівок.

Библ.6, іл.2.

УДК 528.71

Гнатушенко В.В., Дмитрієва І.С. Визначення епіполярних і трифокусних обмежень при моделюванні супутникових зображень // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 2 (43). - Дніпропетровськ, 2006. - С. – 57 – 63.

Робота присвячена визначенню епіполярних і трифокусних обмежень при моделюванні фотограмметричних стереозображень. Зазначені умови дозволяють значно скоротити процедуру ідентифікації.

Бібл. 5.

УДК 515.2

Гумен С.М. Модифікований еп'юр Радіщева // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 2 (43) . - Дніпропетровськ, 2006. – С. 63 – 68.

Розглянуто модифікований еп'юр Радіщева, що включає на $n-3$ координатні 2-вимірні площини більше, ніж звичайний еп'юр Радіщева. Наявність на утвореному еп'юрі ортогонально-доповняльних координатних площин дозволяє значно розширити круг задач, які можна розв'язати на цьому еп'юрі графічними засобами.

Бібл.11. іл.6. табл.1.

УДК 515.2

Давиденко Д.В., Кукуруза Д.В. Метод зведення позиційної задачі до метричної // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 2 (43). – Дніпропетровськ, 2006. – С. 68 – 72.

Розглядаються способи розв'язання метричних і позиційних задач з використанням нормальних функцій.

Бібл. 8, іл. 1.

УДК 514.18

Даниленко В.Я. Синергетичні та системні можливості параметризації об'єктів і перетворень простору // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 2 (43). – Дніпропетровськ, 2006. – С. 73 – 78.

Розглянуто можливості традиційного і синергетичного підходів до розв'язання задач параметризації. Визначено залежності (нелінійні та випадкові) між образами і прообразами простору. Запропоновано тривіальні умови, яким задовольняють синергетичні та системні перетворення простору.

Бібл. 5, табл. 2.

УДК 515.2

Дашкевич А.О. Алгоритм моделювання схеми дії механізму тістомісильної машини // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник – Випуск 2 (43) – Дніпропетровськ, 2006. – С. 78 – 83.

Розглянуто алгоритм моделювання механізму тістомісильної машини з метою дослідження швидкості і прискорень точок та розподілу кінетичної енергії механізму в залежності від часу.

Бібл. 5, іл. 4.

УДК 515.2

Дворецкий А.Т. Методика проектирования концентрирующих систем на основе теории о квазифокальных точках и линиях // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник – Випуск 2 (43) – Дніпропетровськ, 2006. – С. 83 – 88.

Рассмотрена методика проектирования концентрирующих систем солнечных установок для получения технологического тепла на основе теории квазифокальных точек и линий.

Бібл. 5, ил. 2, табл. 1.

УДК 515.18

Дзюба В.В. Інверсія ортогональних плоских та просторових сіток // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник – Випуск 2 (43) – Дніпропетровськ, 2006. – С. 89 – 94.

Запропоновані нові методи формоутворення поверхонь на основі перетворення інверсією для координатного опису поверхонь, віднесених до ліній кривини. Методи забезпечують спрощення першої та другої квадратичних форм таких поверхонь, що зумовлює ефективність їхнього застосування у прикладних задачах геометричного моделювання.

Бібл. 9, іл. 3.

УДК 515.2

Запольський Л.Л., Саворона А.П. Геометричне моделювання шестиланкового механізму крокування // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 2 (43). – Дніпропетровськ, 2006. – С. 95 – 99.

Розглянуто геометричне моделювання шестиланкового механізму крокування з метою дослідження швидкості та прискорень точок на шатунній кривій стопи в залежності від лінійних параметрів цього механізму.

Бібл. 7, іл. 4.

УДК 577.4:502.7:631.32

Караев А. И., Кузьминов В.В. Повышение точности метода построения линий уровня на поверхности земельных участков сельскохозяйственного назначения // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 2 (43).- Дніпропетровськ, 2006. – С. 100 – 106.

Приведен вывод погрешности метода построения линий уровня и вербальный алгоритм рабочей гипотезы способа повышения его точности.

Бібл. 2, ил. 3.

УДК 515.2

Комяк В.М., Соболев О.М. Моделювання задач розбивання з урахуванням розповсюдження рівномірних характеристик на точковій множині // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 2 (43).- Дніпропетровськ, 2006. –С. 107 – 111.

Запропоновано метод розв'язання задач розбивання з урахуванням розповсюдження рівномірних характеристик на точковій множині. Наведені тестові результати роботи розробленого програмного забезпечення.

Бібл. 6, іл. 6.

УДК 76: 515.2.

Кузнецова И.А. Моделирование візуального восприятия объектов дизайна, декоративно-прикладного и изобразительного искусства // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 2 (43). – Дніпропетровськ, 2006. - С. 111 – 119.

Предложены обобщающие схемы и определения объектов дизайна в контексте общих закономерностей объектов природы, искусства и техники; основных свойств визуального восприятия объекта ДДПІІІ; качественные модели визуального восприятия объекта дизайна.

Библ. 8, ил. 2, табл.1.

УДК 515.2

Куценко Л.Н., Адашевская И.Ю., Шатохин В.М. Геометрическое моделирование фазовых портретов колебания двойного маятника // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных трудов. – Випуск 2 (43). – Днепропетровск, 2006. – С. 120 – 124.

Предложен метод составления системы дифференциальных уравнений Лагранжа для описания колебаний двойного маятника.

Библ. 4, ил. 3.

УДК 515.2

Ларин А.Н., Мисюра Н.И. Построение динамической модели звеньев цепи грунтометательного механизма // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 8 (43). – Дніпропетровськ, 2006. – С. 125 – 129.

Предложен метод построения динамической модели зацепленных торковых звеньев цепи механизма метания грунта, предназначенного для машин тушения лесных и степных пожаров.

Библ. 7.

УДК 371.25.7:681.3

Ли В.Г. Имитационное моделирование безопасной работы РТС в виртуальной среде МКС // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 2 (43). – Дніпропетровськ, 2006. – С. 130 – 134.

Предложено решено задачи обеспечения безопасной работы манипулятора ERA на поверхности космической станции средствами имитационного моделирования в пространстве виртуальной реальности.

Ил.6.

УДК 515.2

Лісняк А.А., Гринченко Є.М. Опис трикутника Релло за допомогою нормального рівняння // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 2 (43). – Дніпропетровськ, 2006. – С. 135 – 139.

Запропоновано метод опису профілю кромки насадки у формі трикутника Релло для шнекового екструдера, який складається з робочої камери та двох паралельних валів, на яких синхронно обертаються в одному напрямку групи насадок.

Бібл. 4, іл. 7.

УДК 514.18

Малкіна В.М., Тітова О.В. Розв'язання нестационарної задачі теплопровідності за допомогою спеціальних інтерполяційних поліномів // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 2 (43). – Дніпропетровськ, 2006. – С. 140 – 145.

Запропоновано спосіб розв'язання нестационарної задачі теплопровідності з крайовими умовами дискретного виду.

Іл. 2.

УДК 514.18

Мартин Є.В., Панкевич Б.В. Гіперповерхні основних тригонометричних функцій комплексного простору // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 2 (43). – Дніпропетровськ, 2006.- С. 145 – 149.

Запропоновано геометричні засоби подання основних тригонометричних функцій при комплексних значеннях амплітуди і аргументу проекціями гіперповерхонь чотиривимірного комплексного простору. Встановлено, що каркаси таких гіперповерхонь складають ортогонально розташовані частинні графічні залежності тригонометричних функцій синуса і косинуса дійсного аргументу і гіперболічних функцій дійсної змінної.

Бібл.3, іл.1.

УДК 378

Нартя В.И., Хасенов М.М., Суиндигов Е.Т., Жученко И.А. Из опыта разработки проекта стандарта высшего профессионального образования по специальности «Дизайн» в Республике Казахстан // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 2 (43). – Дніпропетровськ, 2006. – С. 150 – 155.

Раскрыт опыт разработки проекта государственного общеобязательного стандарта высшего профессионального образования по специальности 050421–“Дизайн” (бакалаврат) в Республике Казахстан с ориентацией на создание компетентностной модели специалиста с учетом многопрофильности специализаций в условиях кредитной технологии обучения.

Бібл. 5.

УДК 515.2

Несвідомін В.М. Алгебраїчні багатовиди в парі інциденцій геометричних форм 1-го ступеня // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 2 (43).- Дніпропетровськ, 2006.- С. 156 – 161.

Досліджені алгебраїчні багатовиди, сформовані в парі інциденцій методом перетину та з'єднання елементів основних геометричних форм 1-го ступеня. На основі проведених обчислювальних експериментів аналізуються форма та порядок кривих ліній, пучків прямих та лінійчатих поверхонь у залежності від взаємного положення носіїв геометричних множин, відповідностей між їх елементами та умов паралельності та перпендикулярності між елементами формоутворюючих множин.

Бібл. 4, іл. 2.

UDC 681.327

Abbasov I.B., Orekhov V.V. The conceptual reconstruction of a cinema in the system of three-dimensional modeling 3 ds max // System technologies. - №2 (43). - Dnepropetrovsk, 2006. - P. 3 – 7.

The article is devoted to conceptual reconstruction of a cinema with of the system of three-dimensional modeling 3 ds max. The three-dimensional computer model of the reconstructed building with the updated design was created. Basic elements of firm style also were developed.

Bibl. 5, ill .5.

UDC 515.2+ 681.3

Arkhipov A.V., Matvejchuk A.A. The peculiarity of 3D modelling in AutoCAD and Mechanical Desktop // System Technologies. – №2 (43). - Dnepropetrovsk, 2006. – P. 8 – 13.

Global tendencies of development of three-dimensional computer modelling are considered. Modern requirements to created three-dimensional computer models firm ph. algorithms and approaches to creation of three-dimensional computer models of bodies of the complex geometrical form in the environment of packages AutoCAD and Mechanical Desktop are proved, offered, formalized and approved. Parametrical models of separate bodies of the complex form are constructed and assembly of some from them in unit is carried out.

Bibl. 2, ill. 6.

UDC 681.327.1

Ausheva N.M., Demchyshyn A.A. Postprocessing of an image region of a 3D scene // System technologies. - №2 (43). - Dnepropetrovsk, 2006. - P. 14 – 19.

An algorithm of postprocessing of an image region of a 3D scene is considered. 2D window coordinates of the processed region are calculated as a transformation of billboard 3D homogeneous coordinates. An occlusion of the billboard with scene objects is performed with a use of a stencil buffer.

Bibl. 7, ill. 5.

UDC 004.93

Akhmetshin A.M., Busigin B.S., Boiko V.A. A new method calculation of invariant to rotation image characteristics in cartesian coordinate system // System technologies. - №2 (43). - Dnepropetrovsk, 2006. - P. 19 – 24.

A new method of image information characteristics detection in a spectral domain is described. The method is invariant to influence of image rotation and does not request a transition to polar coordinate system. The one is rather simple and convenient. Results experimental testing of the method information possibilities are presented.

Bibl. 5, ill. 4.

UDC 515.2

Badayev Y.I., Kovtun A.M. Polynomial splines of fifth degrees // System technologies. - №2 (43). - Dnepropetrovsk, 2006. - P. 24 – 28.

The new method for the construction of splines on the basis of fifth-degree polynomials is proposed. Such splines provide construction of local splines with second degree of smoothness and originate curves as high as fourth degree of smoothness. It is shown, that all non-local splines have property to attenuation oscillations, and with increase of a spline degree these properties grow at achievement of the same order of smoothness.

Bibl. 4., ill. 2.

UDC 515.2

Biletsky S.V., Sitabdiev B.B. Design of effect of «thermal resonance» at constructing of zharochnykh closets // System Technologies. – №2 (43). - Dnepropetrovsk, 2006. – P. 29 – 33.

The chart of construction of zharochnogo closet of cylindrical form, in which four TEN is located symmetric along the axis of cylinder, is considered.

Bibl. 8, ill. 1.

UDC 515.2

Borisenko V.D., Ustenko I.V., Ustenko C.A. The software development for axial turbine blade apparatus CAD system // System Technologies. – №2 (43). - Dnepropetrovsk, 2006. – P. 34 – 41.

The problem of the development of the modules geometric and gasdynamic calculation of axial turbine blade apparatus for CAD systems is considered.

Bibl. 10, ill. 7.

UDC 515.2:621.83

Bocharova I.A. Interactive control of tooth-wheel teeth geometry // System Technologies. – №2 (43). - Dnepropetrovsk, 2006. – P. 41 – 47.

Problems of interactive control of tooth-wheel teeth geometry have been investigated. Mathematical apparatus and program for original contour of forming surface of a rack type and geometry of working portions of contacting teeth control have been worked out. The results of the work may be used while developing methods of cylinder tooth-gears synthesis.

Bibl. 5, ill. 3.

UDC 515.2

Vanin V.V., M.S. Gumen M.S., Gumen O.M. The expression of the equations of rational manifolds in the parametric form // System Technologies. – №2 (43). - Dnepropetrovsk, 2006. – P. 48 – 53.

The expression of the equations of rational manifolds in the parametric form in the internal projective coordinate system of the non-Euclid space is examined in this work. This method makes possible to obtain continued rational manifold families of necessary dimensions and algebraic orders.

Bibl. 12.

UDC 515.2:621.83

Vorontsov B.S., Chaplinskaya T.N. Forming surface of a rack tape having a changeable longitudinal tooth form // System Technologies. – №2 (43). – Dnepropetrovsk, 2006. – P. 53 – 56.

The control of longitudinal form of forming surface of a rack type is investigated. Mathematical relationship for interactive synthesis of a gear having a round tooth line has been obtained. The results may be used designing of tooth-cutting heads.

Bibl. 6, ill. 2.

UDK 528.71

Gnatushenko V.V., Dmitrieva I.S. Determination of epipolar and threefokus limitations at the modelling of satellite images // System technologies. №2 (43).- Dnepropetrovsk, 2006. – P. 57 – 63.

Work is devoted determination of epipolar and threefokus limitations at the modelling fotogrammetric stereoimages. These terms allow considerably to shorten identification procedure.

Bibl. 5.

UDC 515.2

Gumen S.M. Modified Radischev draft // System technologies. №2 (43). – Dnepropetrovsk, 2006. – P. 63 – 68.

The modified Radischev draft containing $n-3$ more two-dimentional planes than the initial draft is considered in the paper. The presence of orthogonal additional pairs of coordinate planes in the formed draft gives a possibility to extern the range of the problems which can be solved with this draft by graphic means.

Bibl.11, ill.6, tabl. 1.

UDC 515.2

Davidenko D.V., Kukuruzza D.V. Method of taking of position task to metrical // System technologies. - №2 (43). - Dnepropetrovsk, 2006. – P. 68 – 72.

The methods of decision of metrical and positions tasks are examined with the use of normal functions.

Bibl. 5, ill. 3.

UDC 514.18

Danylenko V.J. Synergetical and System Possibilities of Objects and Space Transforming Parametrization // System technologies. - №2 (43). - Dnepropetrovsk, 2006. – P. 73 – 78.

The possibilities of traditional and synergetical approaches to parameterization problems solving are looked. The dependences (non-linear and casual) are defined between space forms and prototypes. Trivial conditions are proposed to that synergetical and system space transformations answer.

Bibl. 5, tabl. 2.

UDC 515.2

Dashkevich A.A. The modeling algorithm functions of the dough-mixer mechanism // System technologies. - №2 (43). - Dnepropetrovsk, 2006. – P. 78 – 83.

The dough-mixer mechanism modeling algorithm for the point velocity and acceleration and mechanism kinetic energy distribution depending on time researching is observed.

Bibl. 5, ill. 4.

UDC 515.2

Dvoretzky A.T. Design technique of concentrating systems on the basis of the quasi-focal points and lines theory // System technologies. - №2 (43). - Dnepropetrovsk, 2006. – P. 83 – 88.

The design technique of concentrating systems of solar installations for reception of technological heat is considered on the basis of the quasi-focal points and lines theory.

Bibl. 5, ill. 2, tabl. 1.

UDC 515.18

Dzjuba V.V. Inversion of orthogonal flat and spatial meshes // System technologies. - №2 (43). - Dnepropetrovsk, 2006. – P. 89 – 94.

The methods of forming of surfaces on the basis of transformation by inversion considered in the article enable to design the surfaces of delivered to the line of curvature. At transformation of torsos of identical inclination of formative channel surfaces parametrized by lines of curvature appear, as the rectilinear formative pass to the circles the lines of curvature of a new surface. Flat nets at transformation form surfaces with the spherical lines of curvature. The resulted methods of forming simplify planning and subsequent research of surfaces, as we deal with simplified the first and the second quadratic forms of surface the medium terms of the first and second quadratic form equal zero.

Bibl. 9, ill. 3.

UDC 515.2

Zapolsky L.L., Savorona A.P. The geometrical design of six-branch swaying mechanism // System technologies. - №2 (43). Dnepropetrovsk, 2006. – P. 95 – 99.

The geometrical design of six-branch swaying mechanism with the purpose of research of speed and accelerations of points is considered on the piston-rod crooked foot depending on the linear parameters of this mechanism.

Bibl. 7, ill. 4.

UDC 577.4:502.7:631.32

Karayev O.I., Kuzminov V.V. Accuracy enhancement of the method of level lines construction on the surfaces of ground areas with agricultural appointment // System technologies. - №2 (43). Dnepropetrovsk, 2006. – P. 100 – 106.

Mistake deducing for level lines building method as well as means working hypothesis for verbal algorithm creating and increasing its accuracy are presented.

Bibl. 2, ill. 3.

UDC 515.2

Komyak V.M., Sobol A.N. Modelling of problems of partitioning subject to distribution of uniform characteristics on dot set // System technologies. – №2 (43). - Dnepropetrovsk.-2006. – P. 107 – 111.

The method of the solution of partitioning problems with distribution of uniform characteristics on dot set taking into account is considered. Test results of the developed software are shown.

Bibl. 6, ill. 6.

UDC 76: 515.2.

Kuznetsova I.A. Modelling of percept design, arts and crafts, fine arts objects // System technologies. - №2 (43). - Dnepropetrovsk, 2006. – P. 111 – 119.

The generalizing circuits and definitions are offered for items: 1) objects of design in a common laws of the nature, art and techniques objects context, 2) the basic properties of visual perception of design, arts and crafts, fine arts objects, 3) qualitative model of visual perception of design object.

Bibl. 8, ill. 2, tabl. 1.

UDC 515.2

Kutsenko L.N., Adashevskaja I.U., Shatokhin V.M. The geometrical design of phase portraits of swing of the double pendulum // System technologies. – №2 (43). - Dnepropetrovsk, 2006. – P. 120 – 124.

The method of drafting of the system of differential of Lagranzh's equalizations is considered for description of swings of the double pendulum.

Bibl. 4, ill. 3.

UDC 515.2

Larin A.N., Misura H.I. Construction of dynamic model of links chain of soil throwing mechanism // System technologies. - №2 (43). - Dnepropetrovsk, 2006. – P. 125 – 129.

The method of construction of dynamic model of brushed against the torov's links of chain of mechanism of throwing of soil, intended for the machines of extinguishing of forest and steppes fires is proposed.

Bibl. 7.

UDC 371.25.7:681.3

Lee V.G. Imitating modeling of safe work RTS in virtual environment // System technologies. - №2 (43). - Dnepropetrovsk, 2006. – P. 130 – 134.

The decision is offered of a problem on maintenance safe work of manipulator ERA on a surface of space station by means of imitating modeling in virtual reality space.

Bibl. 5, ill. 6.

UDC 515.2

Lisnjak A.A., Grinchenko E.N. Description of Rello triangle through normal equation // System technologies. - №2 (43). - Dnepropetrovsk, 2006. – P. 135 – 139.

The method is proposed for the description of a structure of an edge of a capping with form of Rello triangle for auger tuber, including working chamber and two parallel shafts with synchronously rotated in one direction the group of nozzles

Bibl. 4, ill. 7.

UDC 514.18

Malkina V.M., Titova O.V. The decision of a non-stationary heat-conducting task on the basis of special interpolating polynomials // System technologies. - №2 (43). - Dnepropetrovsk, 2006. – P. 140 – 145.

The geometrical method of solving the non-stationary heat-conducting task with the boundary conditions of discret type is offered.

Bibl. 5, ill. 2.

UDC 514.18

Martyn E.V., Pankevich B.V. The surfaces of basic trigonometrical functions in complex space // System technologies. - №2 (43). - Dnepropetrovsk, 2006. – P. 145 – 149.

Geometrical methods of basic trigonometrical functions representation are considered at complex values of amplitude and argument by projections of hypersurfaces of four-dimensional complex space. It is shown, that skeletons of such hypersurfaces may be considered as orthogonal disposed partial graphic dependences of sine and cosine functions of real variable and hyperbolic real variable functions.

Bibl. 3, ill. 1.

UDC 378

Nartja V.I., Hasenov M.M., Suindikov E.T. , Zhuchenko I.A. From the experience in the development the project of the standard for the higher education on a speciality "Design" in Republic of Kazakhstan // System technologies. - №2 (43). - Dnepropetrovsk. 2006. - P. 150 – 155.

The experience is expounded in working out the state overall standard of higher education on the speciality 050421 “Design” (for holding a bachelor’s degree). The draft of educational standard has been worked on the basis of competence model of the speciality using module approach in defining its content. The author has made conclusion and remarks on the approbation of credit system of teaching in Karaganda State University in training would be specialists on the above-mentioned speciality.

UDC 515.2

Nesvidomin V.M. Algebraic manifolds in pair incidence geometrical forms 1-st degrees // System technologies. - №2 (43). - Dnepropetrovsk, 2006. - P. 156 – 161.

Algebraic images which can be generated in pair incidence - a method of section and connection of elements of the basic geometrical forms of 1-st degree are investigated. On the basis of the completed computing experiments the form and the order of curves, bunches of straight lines and ruled surfaces are analyzed depending on mutual position of carriers of geometrical sets, conformity between their elements and conditions of parallelism and perpendicularity between elements of form-building sets.

Bibl. 4, ill. 3.

АВТОРИ ВІПУСКУ

Аббасов Ифтихар Балакишиевич — к.ф.-м.н., доцент кафедры инженерной графики и компьютерного дизайна Таганрогского государственного радиотехнического университета.

Адашевская Ирина Юрьевна — ассистент кафедры начертательной геометрии и графики Национального технического университета «Харьковский политехнический институт».

Архипов Александр Владимирович — к.т.н., доцент кафедры инженерной и компьютерной графики Харьковского национального автомобильно-дорожного университета.

Аушева Наталия Николаевна — к.т.н., доцент Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт».

Ахметшин Александр Мубаркович — д.ф.-м.н., зав. кафедрой автоматизированных систем обработки информации Днепропетровского национального университета.

Бадаев Юрий Иванович — д.т.н., заведующий кафедрой информационных технологий Киевской государственной академии водного транспорта.

Билецкий Сергей Владимирович — начальник курса Академии гражданской защиты.

Борисенко Валерий Дмитриевич — д.т.н., заведующий кафедрой инженерной графики Национального университета кораблестроения имени адмирала Макарова.

Бочарова Ирина Анатольевна — ассистент кафедры «Начертательная геометрия и графика» Восточноукраинского национального университета им. В.Даля.

Ванін Володимир Володимирович — д.т.н., завідувач кафедри нарисної гео-

метрії, інженерної та комп'ютерної графіки Національного технічного університету України «Київський політехнічний університет».

Воронцов Борис Сергеевич — к.т.н., доцент кафедры «Технология машиностроения» Восточноукраинского национального университета им. В.Даля.

Гнатушенко Владимир Владимирович — к.т.н., доцент кафедры электронных средств телекоммуникаций Днепропетровского национального университета.

Гринченко Евгений Николаевич — научный сотрудник Академии гражданской защиты.

Гумен Микола Степанович — д.т.н., професор кафедри нарисної геометрії, інженерної та комп'ютерної графіки Національного технічного університету України «Київський політехнічний університет».

Гумен Олена Миколаївна — к.т.н., доцент кафедры прикладной геометрии та компьютерной графики Национального авиационного университета.

Гумен Степан Миколайович — аспирант Национального технического университета Украины «Київський політехнічний університет».

Давыденко Дмитрий Васильевич — научный сотрудник Академии гражданской защиты.

Даниленко Владимир Яковлевич — к.т.н., доцент кафедры инженерной и компьютерной графики Харьковского национального автомобильно-дорожного университета.

Дашкевич Андрей Александрович — аспирант кафедры начертательной геометрии и графики Национального технического университета «Харьковский политехнический институт».

Дауренбек Канат Амирулы — к.т.н., и.о.доцента кафедры информатики и вычислительной техники Таразского института Международного казахско-турецкого университета имени Х.А.Ясауи.

Демчишин Анатолий Анатольевич — магистрант Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт».

Дворецкий Александр Тимофеевич — д.т.н., заведующий кафедрой Архитектуры зданий и геометрического моделирования Национальной академии природоохранного и курортного строительства.

Дмитрієва Ирина Сергіївна — ст. викл. кафедры прикладной математики Дніпро-петровського національного університету залізничного транспорту.

Жученко Ирина Анатольевна — старший преподаватель кафедры изобразительного искусства и дизайна Карагандинского государственного университета им.Е.А. Буке-това.

Запольский Леонид Леонидович — адъюнкт Академии гражданской защиты.

Ковтун Александр Михайлович — аспирант Киевской государственной академии водного транспорта.

Комяк Валентина Михайловна — д.т.н., профессор кафедры физико-математических дисциплин Академии гражданской защиты Украины.

Корниловская Наталья Владимировна — к.т.н., доцент кафедры информатики и компьютерных технологий Херсонского национального технического университета.

Кузнецова Ирина Алексеевна — к.т.н., доцент кафедры начертательной геометрии и графики Севастопольского национального технического университета.

Кукуруза Дмитрий Владимирович — начальник курса Академии гражданской защиты.

Кундрат Тарас Миколайович — стажист-дослідник Національного університету водного господарства та природокористування.

Куценко Леонид Николаевич — д.т.н., профессор Академии гражданской защиты.

Ларин Александр Николаевич — д.т.н., начальник кафедры ПАРТ Академии гражданской защиты.

Ли Валерий Георгиевич — д.т.н., заведующий кафедрой инженерной графики и компьютерного дизайна Таганрогского государственного радиотехнического университета.

Лисняк Андрей Анатолиевич — заместитель начальника курса Академии гражданской защиты.

Литвиненко Елена Ивановна — к.т.н., доцент кафедры прикладной математики и математического моделирования Херсонского национального технического университета.

Лурье Ирина Анатольевна — к.т.н., доцент кафедры информатики и компьютерных технологий Херсонского национального технического университета.

Малкина Вера Михайловна — д.т.н., профессор кафедры прикладной математики и вычислительной техники Таврической государственной агротехнической академии.

Мартин Євген Володимирович — д.т.н., професор кафедри інженерної та комп'ютерної графіки НУ «Львівська політехніка».

Мисюра Николай Ильич — преподаватель кафедры ПАРТ Академии гражданской защиты.

Нартя Владимир Ильич — к.т.н., доцент кафедры изобразительного искусства и дизайна Карагандинского госу-

дарственного университета им.Е.А.Букетова.

Несвидомин Виктор Николаевич — к.т.н., доцент кафедры начертательной геометрии, компьютерной графики и дизайна Национального аграрного университета.

Орехов Вячеслав Валентинович — студент Таганрогского государственного радиотехнического университета

Саворона Андрей Петрович — научный сотрудник Национального технического университета «Харьковский политехнический институт».

Ситабдиев Бекир Битлаевич — научный сотрудник Национального технического университета «Харьковский политехнический институт»

Соболь Александр Николаевич — к.т.н., докторант кафедры физико-математических дисциплин Академии гражданской защиты Украины.

Суиндигов Есенкелды Толеукулович — старший преподаватель кафедры

изобразительного искусства и дизайна Карагандинского государственного университета им.Е.А.Букетова.

Хасенов Марат Мажитович — к.п.н., доцент кафедры изобразительного искусства и дизайна Карагандинского государственного университета им.Е.А.Букетова

Чаплинская Татьяна Николаевна — ассистент кафедры начертательной геометрии и графики Восточноукраинского национального университета им. В.Даля

Шатохин Владимир Михайлович — д.т.н., профессор кафедры ТММ Национального технического университета «Харьковский политехнический институт»

