

УДК 621.01:681.3

В. О. Кузнецов**АВТОМАТИЗОВАНИЙ СИНТЕЗ КОМБІНОВАНИХ
ШАРНІРНО-ВАЖІЛЬНИХ МЕХАНІЗМІВ**

Шарнірно-важільні механізми двокоромислового типу (як прості чотириланкові, так і комбіновані багатоланкові) широко застосовуються в поліграфічних машинах-автоматах. Зокрема, як контури для передачі руху віддаленим від головного вала виконавчим ланкам або для обходу конструктивних елементів машини, що перешкоджають прямій передачі такого руху [2]. Завдання, що найчастіше постає при проектуванні даних механізмів, — знайти геометричні розміри ланок, при яких виконавче коромисло рухається із заданим кутом розмаху. Якщо спочатку відомий тільки один з параметрів — відстань між опорами коромисел, задача не розв'язується аналітично і може мати нескінченну кількість рішень. При цьому основною вимогою до механізмів [2], що виконують функції передачі руху, є здатність передавання його з мінімальними силовими втратами і спотвореннями заданого закону руху. Відомо, що складові сил тертя і відповідна кількість втрат зростають із збільшенням кутів тиску. Отже, для мінімізації втрат при передачі руху потрібно синтезувати механізми з мінімальними кутами тиску $\nu \Rightarrow 0^\circ$ або кутами передачі $\mu \rightarrow 90^\circ$.

За відсутності теоретичних робіт із синтезу таких механізмів конструктори розв'язують подібні задачі графічним методом і отримують при цьому результати, далекі від оптимальних. Тому розроблення методів і програмного забезпечення для персональних комп'ютерів (ПК) з автоматизованого синтезу таких механізмів — актуальне завдання для поліграфічного машинобудування і створення систем автоматизованого проектування (САПР) циклових механізмів поліграфічних машин.

Синтез комбінованих механізмів значно ускладнюється через те, що виконавчі ланки сполучених контурів можуть рухатися в різних напрямках в залежності від розміщення власних ланок (відома проблема „зборок“). Якщо напрямки розміщення ведучого і веденого коромисел збігаються, коромисла рухаються в одному напрямку, а коли не збігаються — у протилежних напря-

мках. З'єднання тільки двох шарнірних чотириланників (ШЧЛ) створює вісім можливих схем (рис. 1).

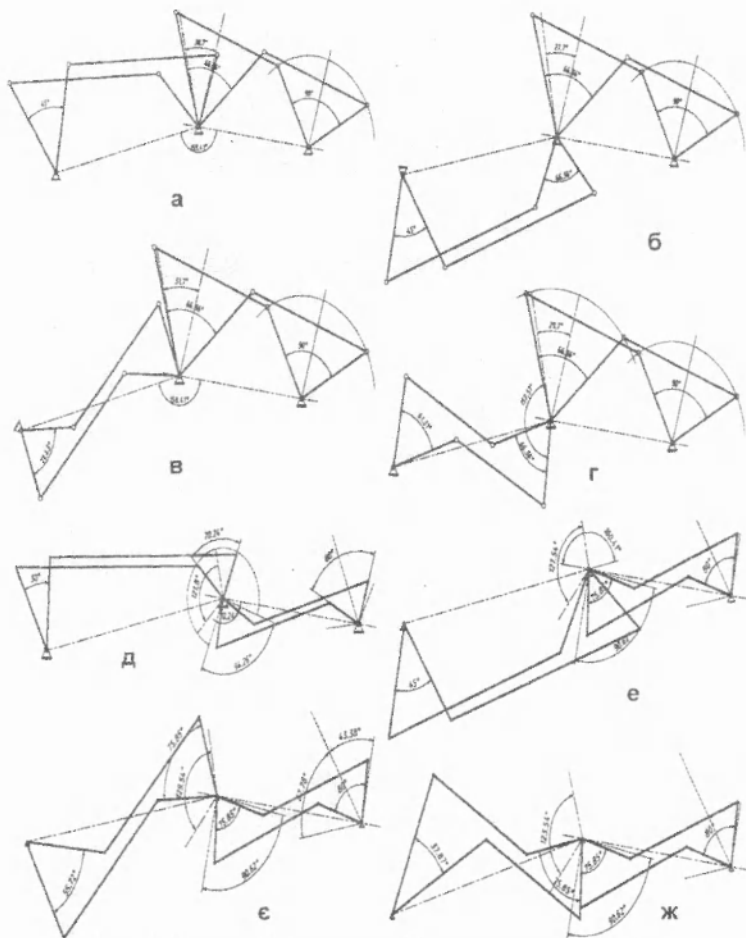


Рис. 1. Можливі схеми комбінованих механізмів

Система автоматизованого синтезу ШЧЛ створена (мова програмування *AutoLisp*) і працює в середовищі графічного редактора *AutoCAL2000*. Керування її роботою здійснюється зі спеціально розробленого піктографічного меню – панелі інструментів (рис. 2).

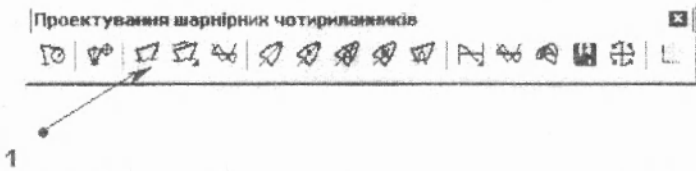


Рис.2. Панель інструментів керування синтезом ШЧЛ

Кнопки цієї панелі активізують команди системи по синтезу і кінематичному розрахунку окремих видів шарнірних чотириланників. Автоматизований синтез комбінованого двокоромислового механізму активізується командою (кнопка 1, рис. 2). Першим синтезується ведений виконавчий двокоромисловий контур з оптимізацією геометричних розмірів ланок, що забезпечують заданий хід виконавчої ланки й одночасну мінімізацію максимальних кутів тиску [1]. При синтезі наступного контуру (шарнірного чотириланника), пов'язаного з попереднім, система в автоматичному режимі прив'язується до центра опори коромисла попереднього веденого контуру і пропонує конструкторові визначитися щодо кутового напрямку і відстані до центра опори коромисла наступного ведучого контуру. При цьому в інтерактивному режимі відстежуються кутові напрямки і відстані від центра прив'язки до перехрестя графічного маніпулятора, який пересуває конструктор у потрібному йому напрямку (рис. 3).

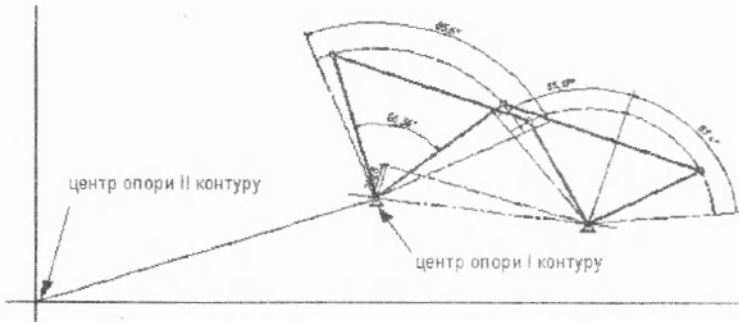


Рис. 3. Схема інтерактивного відслідковування II центра

Після встановлення необхідної базовідстані другого контуру задача ділиться на два напрямки – приєднаний контур може бути прямим (рис. 1 а, б, д, е) або схрещеним („антипаралелограм“) (рис. 1 в, г, є, ж).

Синтез прямого контуру. При продовженні автоматизованого синтезу система (для орієнтації конструктора) виводить кольорову лінію, перпендикулярну побудованій базі II контуру – оптимального положення веденого коромисла II контуру. При визначенні його необхідної довжини (графічним маркером) конструктор орієнтується на проведену лінію, а система автоматично прив'язує вказану точку кінця коромисла до проведені лінії, остаточно встановлюючи довжину веденого коромисла II контуру. Аналіз показав, що в цьому випадку з'являється можливість синтезувати II контур із заданим розмахом ведучого коромисла. Система пропонує конструкторові задати цей кут. Після введення певного значення система пошуковим методом визначає таку довжину ведучого коромисла II контуру, при якій ведене коромисло рухається із заданим кутом розмаху. Після того система автоматично креслить кінематичну схему синтезованого механізму.

Синтез схрещеного контуру (антипаралелограма). За оптимальний, як і в інших випадках, береться варіант, при якому ведуче і ведене коромисла перпендикулярні шатуну, що з'єднує їх, а кути тиску $\nu = 0^\circ$ (ідеальний варіант передачі зусиль). Але при цьому довжини коромисел є взаємозалежними і збільшення одного з них зумовлює зменшення іншого. При довільному виборі довжин ведучого або веденого коромисел довжина шатуна визначається однозначно і можливе виникнення двох граничних ситуацій. Ведене коромисло не може досягти одного з крайніх положень – механізм нероботоздатний (рис. 4а), оскільки не забезпечується рух веденого коромисла на заданий кут розмаху. В одному з крайніх положень максимальний кут передачі виходить за межі допустимого $\mu > 150^\circ$ (рис. 4б).

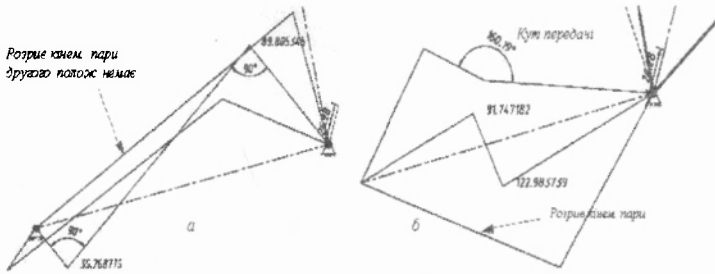


Рис. 4. Граничні ситуації синтезу:
а – не існує одного з крайніх положень;
б – максимальний кут тиску за межами допустимого

Для одночасного спостереження за всіма обмеженнями для синтезу використовується метод інтерактивної графіки з параметричним зв'язком між змінними геометричними розмірами ланок. Довжина коромисла II контуру визначається за його кінцевою точкою, що прив'язана до перехрестя графічного маркера. При пересуванні маркера система, відстежуючи його положення, тонкими лініями прорисовує контури ланок механізму (рис. 5).

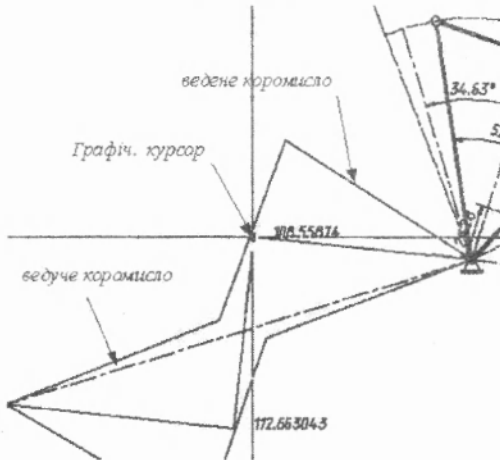


Рис. 5. Інтерактивна кінематична схема механізму

Конструктор має можливість спостерігати за змінними параметрами механізму, а система, аналізуючи положення і довжини ланок, стежить за можливими обмеженнями. Якщо значення геометричних параметрів виходять за допустимі межі, відповідні їм ланки забарвлюються в червоний колір, оповіщаючи конструктора про досягнення критичних значень. Коли лінії схеми не змінюють свого кольору, це означає, що значення геометричних параметрів не виходять за межі допустимих і конструктор може в будь-якому з таких положень зупинити графічний маркер системи, вирішуючи тим самим задачу синтезу II контуру механізму.

Розроблена методика і відповідне програмне забезпечення для персональних ЕОМ дозволяють різко скоротити трудомісткість і терміни виконання проектних робіт, пов'язаних із синтезом комбінованих передавальних шарнірних механізмів двокоромислового типу з одночасним підвищенням якості проектних рішень за рахунок оптимізації (при умові врахування необхідних обмежень) геометричних розмірів ланок.

Використання як базової відомої графічної системи *AutoCAD2000* і режимів інтерактивної графіки накладає певні вимоги на конфігурацію ПЕОМ (процесор з тактовою частотою не нижче 360 МГц, оперативна пам'ять не менше 128 МБайт, жорсткий диск 10 – 20 ГБайт), в якій розроблена система є роботоздатною.

1. Кузнецов В.А. Автоматизований синтез двокоромислового шарнірного механізму подавача зошитів // Квалілогія книги: Зб. наук. праць. Вып.5. Львів. 2003 С.12–15. 2. Тир К.В. Механика полиграфических автоматов. М., 1966.