

УДК 004.422.8:621.01

В. В. Влах, В. Р. Пасіка, С. М. Комаров*Українська академія друкарства***АВТОМАТИЗОВАНИЙ КІНЕМАТИЧНИЙ АНАЛІЗ ВАЖІЛЬНИХ
МЕХАНІЗМІВ ПОЛІГРАФІЧНИХ ТА ПАКУВАЛЬНИХ МАШИН ЗІ
СТАЛОЮ ДОВЖИНОЮ ЛАНОК**

Розроблено комп'ютерний програмний комплекс ієрархічної структури для аналізу кінематичних характеристик плоских важільних механізмів. Комплекс розроблено в середовищі Embarcadero RAD Studio XE5 на основі бібліотеки базових класів VCL та об'єктно-орієнтованого програмування.

Важільні механізми II класу, об'єктно-орієнтоване програмування, візуалізація руху, 3-D моделі, передача даних AutoCAD

Кінематичний і динамічний аналіз механізмів — необхідний етап у розробленні нових й оптимізації роботи вже існуючих. Усе частіше на ранніх етапах проектування перед інженером постає питання про роботоздатність механізму в цілому, причому з точки зору не тільки забезпечення міцності окремих його частин, а й взаємодії частин і вузлів у процесі роботи. Застосування інформаційних технологій значною мірою допомагає інженерам і науковцям у розробленні нових механізмів. Сучасні системи автоматичного моделювання мають значні переваги над традиційними методами проектування.

Сьогодні на допомогу інженерів приходять нові, більш досконалі інструменти проектування. До найуживаніших в Україні модулів можна віднести програму КОМПАС, яка має бібліотеку анімації, модуль Dynamic Simulation, що підключається до програми Autodesk Inventor, модуль Cosmos Motion програми SolidWorks, пакет розширення Simulink системи MATLAB, програми T-Flex CAD 3D і 3ds Max тощо.

Зазначені програмні продукти дорогі й потребують великих апаратних ресурсів, складні в освоєнні, вимагають додаткових знань для роботи з ними. З погляду на це розроблення недорогого і простого у використанні програмного забезпечення для дослідження механізмів є актуальною проблемою.

Метою нашої роботи є розроблення програмного забезпечення для конструювання, аналізу, синтезу та візуалізації важільних і кулачкових механізмів. Досліджувані за допомогою запропонованої програми механізми можна застосовувати в поліграфічних, пакувальних й інших машинах.

Програма створювалася в середовищі Embarcadero RAD Studio XE5 на основі VCL (VCL ↑ бібліотека базових класів, призначена для розробників програмного забезпечення під Windows), об'єктно-орієнтованого програмування [1] та Model View Controller (MVC дає змогу відокремити частину програми, що відповідає за розрахунки, від візуальної частини програми).

За допомогою методів об'єктно-орієнтованого програмування програма створена на основі об'єктів. Кожна група Ассура (рис. 1), кінематична пара,

ланка — це об'єкти, які зберігають у собі величини кінематичних характеристик для подальшого розрахунку механізму [4]. Робота даної програми полегшує запис і зчитування показників досліджуваного механізму та дає змогу об'єктам обмінюватися інформацією. Такий метод програмування забезпечує маніпулювання параметрами механізму, змінюючи його властивості, і удосконалення програми, дописуючи додаткові функції та властивості об'єктів.

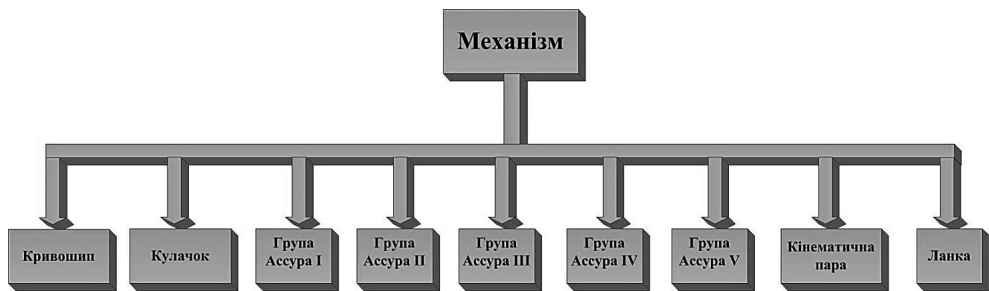


Рис. 1. Ієрархія об'єктів програми

Як показано на рис. 1, усі об'єкти породжуються від базового об'єкта (рис. 2). Таким чином вони успадковують від об'єкта «механізм» основні властивості, але й можуть мати власні. Крім властивостей, об'єкт має функції, які може виконувати. В об'єкті «механізм» є функції, за допомогою яких він може аналізувати самого себе і визначати невідомі геометричні, кінематичні та динамічні параметри — одержати необхідні значення для аналізу. Після розрахунку на основі отриманих даних об'єкт буде кінематичну схему механізму.

Такий підхід до розроблення програмного забезпечення дозволив створити унікальну програмну структуру для розрахунків – програмний движок, який дає змогу отримати при розробленні інженерного розрахунково-графічного середовища багато нових корисних рішень, зокрема: можливість створювати механізм будь-якої структури, отримати дерево побудови, редагувати дані об'єктів, розширювати структуру об'єктів, виконувати процедури та функції потрібного елемента і т. д.

Можливості програми включають:

- створення важільного механізму довільної структури;
- перегляд кінематичних характеристик у вигляді графіків і таблиць для усіх положень (рис. 4);
- можливість збереження графіків як растрового зображення та виведення їх на друк;
- експорт даних у Word та Excel;
- перегляд анімації руху механізму (рис. 3);
- редагування параметрів уже створеного механізму;
- збереження структурної схеми механізму у форматах *.JPEG, *.BMP, *.PNG, *.TIF, *.WMF;

```

TMechanism = class(TObject)
public
  name : string;
  kind : string;
  selected : boolean;
  index : integer;
  building : boolean;
  Points, Links, Objects : integer; // Властивості
  PointList : TStringList;
  LinkList : TStringList;
  ifaddLink, ifaddPoint: boolean;
  addTOPoint, addTOlink : integer;
  dimensions, kinematics, dynamics, trajectory : boolean;
  CentreMass : boolean;
  constructor Create; overload;
  procedure ShowParams; virtual;abstract;
  procedure EnterParams; virtual;abstract;
  procedure AddPoint; virtual;abstract;
  procedure SearchLink(G:TGPGraphics;
    P :TGPPen; B :TGPSolidBrush); virtual;abstract;
  procedure Searchpoint(G:TGPGraphics;
    P :TGPPen; B :TGPSolidBrush); virtual;abstract;
  procedure AddLink; virtual;abstract;
  procedure Calculate; virtual;abstract; // Функції
  procedure Delete; virtual;abstract;
  procedure SolidModel; virtual;abstract;
  procedure KinematicScheme (i : integer; G : TGPGraphics;
    GrayPen, BlackPen2, BlackPen1, PinkPen,
    RedPen, BluePen, GreenPen, OrangePen : TGPPen;
    GrayBrush, WhiteBrush, BlackBrush, BlueBrush : TGPSolidBrush;
    F6, F8 : TGPFon); virtual;abstract;
end;

```

а) Опис головного об'єкта «механізм»

```

TKinematicPair = class(TMechanism)
public
  X : array [0..359] of double;
  Y : array [0..359] of double;
  a : array [0..359] of double;
  v : array [0..359] of double;
  gama : array [0..359] of double;
  psi : array [0..359] of double;
  fi : array [0..359] of double;
  Link : array [0..359] of TObject;
  add : boolean;
  ground : boolean;
  L : double; // Властивості
  Lk : double;
  mainLINK : integer;
  Startpoint : TObject;
  procedure ShowParams; override;
  procedure EnterParams; override;
  procedure Calculate; override;
  procedure Scheme (i : integer; G:TGPGraphics;
    P, P1, P2, P3, P4 :TGPPen;
    WB, B :TGPSolidBrush;
    F : TGPFon // Функції
  );
  constructor Create;
end;

```

б) Опис дочірнього об'єкта «кінематична пара»

Рис. 2. Програмний опис об'єктів

експорт схеми в AutoCAD та збереження документа у форматі *.DWG;
формування коду програми (для побудови 3D-моделі) мовою AutoLisp
та збереження у файл *.LSP (рис. 5);

збереження 3D-моделі у форматах *.DWG та *.DWF;
перегляд додаткової інформації з кінематичного аналізу.

Розроблюване програмне забезпечення дозволить проводити аналіз механізмів поліграфічних і пакувальних машин, наприклад [7]:

самонакладів аркушевих і зошитових напівфабрикатів (розгортки пакувань);

механізмів штанцювально-висікальних пресів (рис. 3);

приводів переміщень аркушів з розгортками пакувань у штанцювально-висікальних пресах;

приводів механізмів періодичного повороту стола з інструментами або затискачами (блокообробні і заклеювальні агрегати, верстати для виготовлення стаканів);

механізмів лінійного переміщення інструментів;

ножових різальних машин тощо.

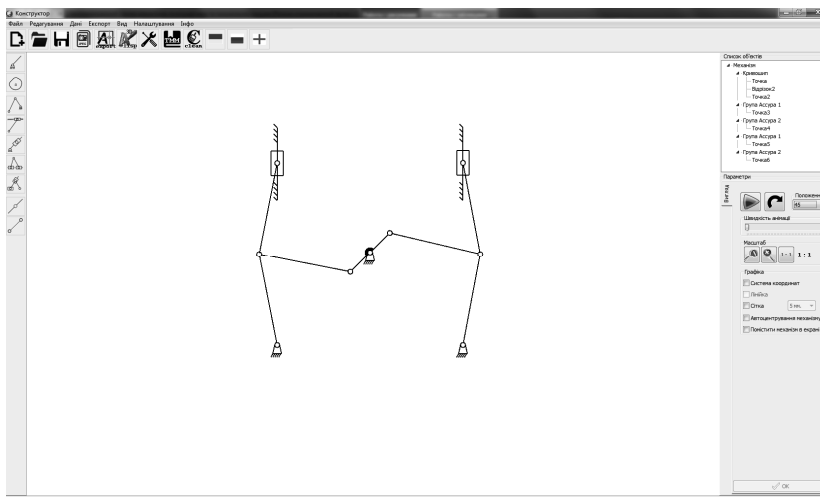


Рис. 3. Головне вікно програми (аналіз штанцювально-висікального преса)

Особливістю програмного середовища є наявність в ньому дерева побудови механізму, яке розташоване в правому верхньому куті головного вікна. У дереві відображається перелік об'єктів, з яких складається досліджуваний механізм. Користувач має змогу редагувати потрібний йому об'єкт, змінювати величини параметрів та додавати до нього додаткові кінематичні пари та ланки, властивості яких також можна змінювати як окремі об'єкти.

Кінематичний аналіз механізму базується на аналітичних залежностях важільних механізмів II класу, отриманих у [5, 6]. Розрахунок досліджуваного механізму відбувається в два етапи: спочатку початковий, потім основний. Ре-

зультати обчислень можна переглядати у вигляді графіків, таблиць і записувати в текстовий файл. Для цього передбачено окремі вікна, що відкриваються з головного меню програми. Графіки зміни величин параметрів механізму можна дивитися в окремому вікні, зберігати в графічний файл і друкувати.

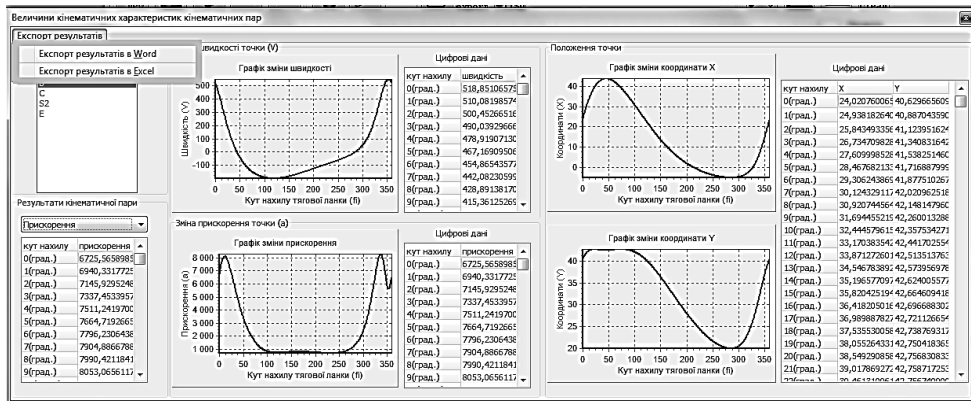


Рис. 4. Вікно з результатами розрахунку

Однією з основних можливостей запропонованої програми є автоматичне формування коду, який описує тривимірну модель досліджуваного механізму мовою AutoLISP для середовища AutoCAD [3]. Код програми відображається в окремому вікні (рис. 5), його можна відредагувати та зберегти у форматі *.lsp. З цього ж вікна можна відкрити AutoCAD (якщо встановлений), він автоматично, без втручання користувача побудує 3D-модель механізму (рис. 6).

```

( defun C:calc()
  (command "undo" 1000)
  (setvar "osmode" 16384)
  (setvar "CmdEcho" 0)
  (setvar "BlipMode" 0)
  (setvar "UcsIcon" 3)
  ; Опора
  (command "Ucs" "s" "ucs_0") ; Початкове положення
  системи координат
  (command "Cylinder" '(0 0 0) 15.0 15.0)
  (setq o1 (entlast))
  (command "box" '(-15 0 0) "1" 30 -25 15)
  (command "Union" o1 (entlast) "") ; опора 0
  сформована об'єднанням
  (command "Cylinder" '(0 0 0) 8.0 15.0)
  (command "Subtract" o1 "" (entlast) "") ; Отвір
  сформований відніманням
  ; Кривошип
  (setq LOA 202.484567313166

```

Рис. 5. Код опису тривимірної моделі механізму мовою AutoLISP

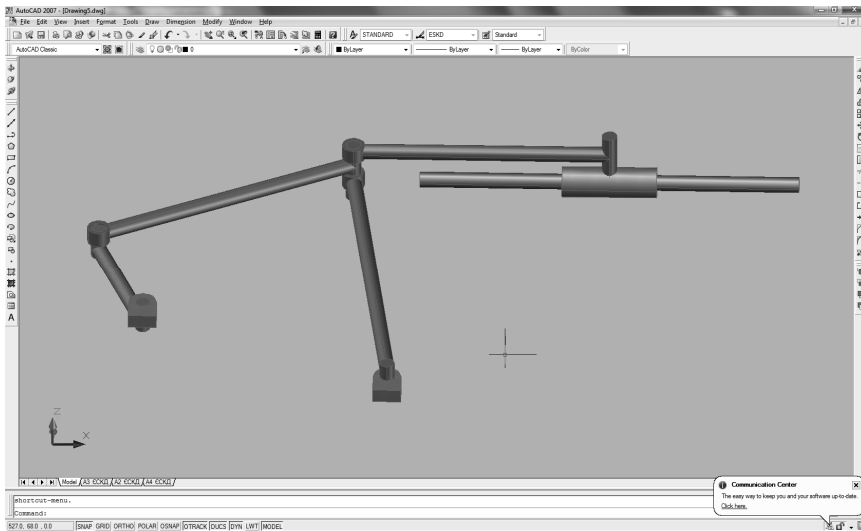


Рис. 6. 3D-модель у середовищі AutoCAD

Таким чином, запропонована програма обчислює величини кінематичних характеристик важільних механізмів II класу, що дає змогу проаналізувати кінематику механізму й отримати дані для подальшого динамічного синтезу та аналізу. Для поглибленого дослідження механізму передбачено експорт даних (у форматі *.docx, *.xlsx, *.dwg, *.lsp) та автоматичне формування коду опису тривимірної моделі для AutoCAD. Програма буде корисною при розрахунках важільних механізмів як інженерам, так і аспірантам, магістрантам і студентам машинобудівних спеціальностей. Ураховуючи досить високі можливості візуалізації механізмів даного програмного забезпечення, його можна буде застосовувати в навчальному процесі з дисципліни «теорії машин і механізмів».

У майбутньому програма розширюватиметься й удосконалюватиметься. Планується розроблення нових можливостей системи: динамічний синтез та аналіз, розрахунок механізмів зі змінною довжиною кривошипа, розрахунок кулачкових механізмів та формування коду програми (CNC-програми) для фрезерних верстатів з ЧПУ для виготовлення кулачків.

1. Архангельський А. Я. Программирование в Delphi для Windows / А. Я. Архангельський // Верс. 2006, 2007, Turbo Delphi. — СПб. : Бинум-Пресс, 2007. — 1248 с. 2. Влах В. В. Комп'ютерний кінематичний аналіз механізмів II класу довільної структури. Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво / В. В. Влах, В. Р. Пасіка, С. М. Комаров // Науковий журнал ЛНТУ. — 2011. — № 6. — С. 55–58. 3. Зуев С. САПР на базе AutoCAD — как это делается / С. Зуев, Н. Полещук. — БХВ-Петербург, 2004. — 1168 с. 4. Кіницький Я. Т. Теорія механізмів і машин: підруч. / Я. Т. Кіницький. — К. : Наукова думка. — 2002. — 660 с. 5. Пасіка В. Р. Кінематика важільних механізмів з групами Ассура I і II видів / В. Р. Пасіка // Наукові записки: Укр. акад. друкарства. — 2001. — Вип. 3. — С. 12–16. 6. Пасіка В. Р. Кінематика важільних механізмів з групами Ассура III і V видів / В. Р. Пасіка // Поліграфія і видавнича справа: Укр. акад. друкарства. — 2001. — № 37. — С. 50–66. 7. Хведчин Ю. Й. Брошурувально-

палітурне устаткування : Ч. 2: Палітурне устаткування: підруч. / Ю. Й. Хведчин. — Львів: Укр. акад. друкарства. — 2007. — 392 с.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ ПОЛИГРАФИЧЕСКИХ И УПАКОВОЧНЫХ МАШИН С ПОСТОЯННОЙ ДЛИНОЙ ЗВЕНЬЕВ

Разработан программный комплекс иерархической структуры для анализа кинематических характеристик плоских рычажных механизмов. Комплекс разрабатывался в среде Embarcadero RAD Studio XE5 на основе библиотеки базовых классов VCL и объектно-ориентированного программирования.

THE AUTOMATED KINEMATICS ANALYSIS OF LEVERMECHANISMS OF POLYDIENE AND PACKING MACHINES WITH PERMANENT LENGTHS OF LINKS

Hierarchically composed software was developed to analyze cinematic parameters of flat linkages. The software was created with Embarcadero RAD Studio XE5 using the base classes library VCL and object oriented programming.

Стаття надійшла 18.11.2014

УДК 621.01: 681.3

Ю. Й. Хведчин, В. В. Зелений

Українська академія друкарства

АНАЛІЗ МЕХАНІЗМІВ ПРЕСА ШТАНЦЮВАЛЬНИХ АВТОМАТІВ

Проаналізовано існуючі конструкції механізмів преса різних видів штанцювального і подібного обладнання. Ці механізми виконують операції, що вимагають подолання значного технологічного навантаження в кінці руху виконавчої ланки. Авторами відібрано найкращий зразок, а також виявлено недоліки в даних механізмах для подальшого їх дослідження і вдосконалення.

Штанцювальний автомат, прес, технологічне навантаження, розклинювальний механізм

Для виготовлення розгортки картонних пакувань використовується різноманітне устаткування, яке класифікується за способом розділення матеріалу, формою контактуючих поверхонь, характером їх розташування, видами руху натискної плити, ступенем механізації тощо.