

УДК 004.422.8:621.01

**В.В. Влах**

Українська академія друкарства

**ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМІВ ПОЛІГРАФІЧНИХ ТА ПАКУВАЛЬНИХ МАШИН В СПЕЦІАЛІЗОВАНІЙ СИСТЕМІ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ**

*Автором даної статті було створено систему автоматизованого проектування механізмів. Перша версія програми дозволяє візуально сформувати кінематичну схему досліджуваного механізму, переглянути анімацію руху, провести кінематичний аналіз та отримати 3D-модель, яку можна застосувати у інших більш потужних системах. Програму можна застосовувати у навчальному процесі. В даній статті розглянуто можливості пропонованої САПР на прикладі аналізу механізмів поліграфічних та пакувальних машин.*

*Ключові слова:* САПР, механізм, кінематика, 3D-модель, візуалізація.

*Рис. 6. Літ. 9.*

**В.В. Влах****ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ПОЛИГРАФИЧЕСКИХ И УПАКОВОЧНЫХ МАШИН В СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

*Автором данной статьи была создана система автоматизированного проектирования механизмов. Первая версия программы позволяет визуально сформировать кинематическую схему исследуемого механизма, просмотреть анимацию движения, провести кинематический анализ и получить 3D-модель, которую можно применить в других более мощных системах. Программу можно применять в учебном процессе. В данной статье рассмотрены возможности предлагаемой САПР на примере анализа механизмов полиграфических и упаковочных машин.*

*Ключевые слова:* САПР, механізм, кінематика, 3D-модель, візуалізація.

**V.V. Vlach****RESEARCH MECHANISMS OF PRINTING AND PACKING MACHINES IN SPECIALIZED COMPUTER AIDED DESIGN**

*The author of this article was created computer-aided design of mechanisms. The first version of the program allows you to visually create a kinematic scheme of the test mechanism, see an animation of the motion, to conduct kinematic analysis and to take 3D-model that can be applied to other, more powerful systems. The program can be used in the educational process. This article describes the possibilities offered by this CAD on example analysis of mechanisms of printing and packaging machines.*

*Keywords:* CAD, mechanism, kinematics, 3D-model, visualization.

В теперішній час проектування механізмів поліграфічних та пакувальних машин відбувається тільки з застосуванням інформаційних технологій. Процес проектування – це процес обробки і переробки інформації, в результаті якого отримується повне уявлення про об'єкт, що проектується і способи його виготовлення. Невід'ємним інструментом для проектування механізмів є система автоматизованого проектування (САПР). САПР - програмний пакет, призначений для створення креслень, конструкторської та/або технологічної документації та/або 3D моделей.

Проаналізувавши матеріали, які розміщені в мережі Internet, можна зробити висновок, що на даний момент існує багато програмного забезпечення, яке дозволяє проводити кінематичний аналіз, будь яких механізмів. Є велика кількість пакетів САПР різного рівня. До найбільш уживаних в Україні професійних програмних модулів, які дозволяють проводити кінематичний та динамічний аналіз, можна віднести програму КОМПАС, яка має бібліотеку анімації, модуль DynamicSimulation, який підключається до програми AutodeskInventor, модуль CosmosMotion програми SolidWorks, пакет розширення Simulink системи Matlab, програма T-Flex CAD 3D тощо. Ці програми дорогі, складні в засвоєнні та потребують великих апаратних ресурсів. Вартість усіх САПР співвідносяться за рівнями наступним чином [8]:

- Нижній: \$ 500- \$ 2000 за робоче місце (AutoCAD, AutoCAD LT, Компас);
- Середній: \$ 2000- \$ 20000 (Inventor, MechanicalDesktop, SolidWorks);
- Верхній: більше \$ 20000 (ProEngineer, Unigraphics).

Можна стверджувати, що сьогодні існує багато видів САПР, які дозволяють проводити кінематичний та динамічний аналіз механізмів. Це переважно великі потужні системи, які дорого коштують, складні в користуванні, потребують додаткових знань та великих апаратних ресурсів робочого комп'ютера. Лідер розробки таких систем Autodesk розробив безкоштовний мобільний

додаток ForceEffectMotion, який може бути корисним для студентів машинобудівних спеціальностей. В країнах СНД над вирішенням проблеми автоматизації розрахунку механізмів займалися в 2000-х роках, але великих результатів досягнуто не було. Тому через малу платоспроможність більшість вітчизняних вчених та інженерів використовують для розрахунків універсальні програми такі як Excel. У Європі та США також займалися над вирішенням даного питання. Створити програмний інструмент вузької спеціалізації не вдалось, але було розроблено багато рішень, які можна інтегрувати в потужні системи для удосконалення проектування.

**Актуальність роботи.** Згадані програмні продукти дорогі та потребують великих апаратних ресурсів. Також вони складні в засвоєнні і потребують додаткових знань для роботи з ними. Тому розроблення недорого, простого в використанні програмного забезпечення для дослідження та візуалізації механізмів є актуальним.

**Метою роботи** є розроблення САПР для конструювання, аналізу, синтезу і візуалізації важільних та кулачкових механізмів. Досліджувані за допомогою запропонованої програми механізми можна застосовувати у поліграфічних, пакувальних та інших машинах. Також програма буде корисною у навчальному процесі для демонстрації механізмів на лекційних та практичних заняттях (вивчення структури механізмів, перегляд анімації руху тощо).

Програма створювалась в середовищі Embarcadero RAD Studio XE5 на основі VCL, об'єктно-орієнтованого програмування [1] та MVC.VCL - бібліотека базових класів, створена для розробників програмного забезпечення під Windows. MVC - ModelViewController дає змогу відділити частину програми, яка відповідає за розрахунки від візуальної частини програми.

За допомогою методів об'єктно-орієнтованого програмування програма створена на основі об'єктів. Серед всіх механізмів поліграфічних і пакувальних машин близько 80% - це механізми II класу. Тому в даній програмі механізми класифікуються за Ассуром. Кожна група Ассура, кінематична пара, ланка – це об'єкти, які зберігають в собі величини кінематичних характеристик для подальшого розрахунку механізму [2]. Робота програми на основі створення об'єктів полегшує запис та зчитування даних досліджуваного механізму та дає змогу об'єктам обмінюватися даними. Такий метод програмування дає можливість маніпулювати параметрами механізму, змінюючи його властивості, і удосконалювати програму, дописуючи додаткові функції та властивості об'єктів.

Розроблювана програма дозволяє проводити розрахунок таких механізмів поліграфічних та пакувальних машин [7]:

- самонаклади аркушевих та зошитових напівфабрикатів (розгортка паковань);
- механізми штанцювально-висікальних пресів;
- приводи переміщень аркушів з розгортками паковань у штанцювально-висікальних пресах;
- приводи механізмів періодичного повороту стола з інструментами або затискачами (блокообробні агрегати, заклеювальні, верстати для виготовлення стаканів);
- механізми лінійного переміщення інструментів, ножеві різальні машини та інші.

Великим плюсом цього програмного забезпечення є наявність в ньому дерева побудови механізму, яке розташоване в правому верхньому куті головного вікна. В 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.

Можливості програми:

- створення механізму довільної структури;
- перегляд кінематичних характеристик у вигляді графіків і таблиць для усіх положень;
- можливість збереження графіків, як растрового зображення, та виведення їх на друк;
- експорт даних у Word та Excel;
- перегляд анімації руху механізму;
- редагування параметрів вже створеного механізму;
- збереження структурної схеми механізму в форматах \*.JPEG, \*.BMP, \*.PNG, \*.TIF, \*.WMF;
- експорт кінематичної схеми в AutoCAD та збереження документу в форматі \*.DWG;
- формування коду програми (для побудови 3D-моделі) мовою AutoLisp та збереження в файл \*.LSP;
- збереження 3D-моделі в форматах \*.DWG та \*.DWF;
- перегляд додаткової інформації по кінематичному та кінетостатичному аналізу.

Огляд програми буде відбуватись на прикладі аналізу механізмів поліграфічних та пакувальних машин. Програма дає змогу розрахувати механізм фальцювальних ножів[9] (рис. 1). Це кривошипно-коромисловий механізм, який застосовується в фальцювальних апаратах машин із шириною задркуваної стрічки до 600 мм. і механічних швидкостей до 20000 об/год. Більш складнішим є механізм приводу штанцювального пресу [5] (рис. 2). Він складається з приводу 1, який приводить в рух натискну плиту (НП) через важільний розклинювальний механізм 2. Прес штанцювального автомата працює таким чином. У початковому положенні натискна плита розташована у крайньому положенні. Внаслідок обертання приводного валашатуни зміщуються ліворуч та праворуч. Такий симетричний рух шатунів через коромисла забезпечує строге вертикальне переміщення натискної плити до плоскої штанцювальної форми.

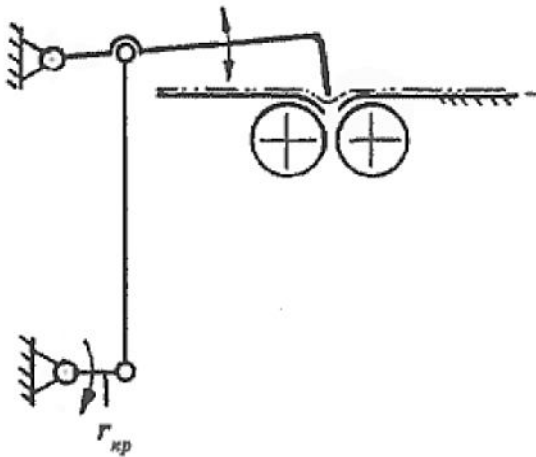


Рис. 1. Схема механізму фальцювальних ножів

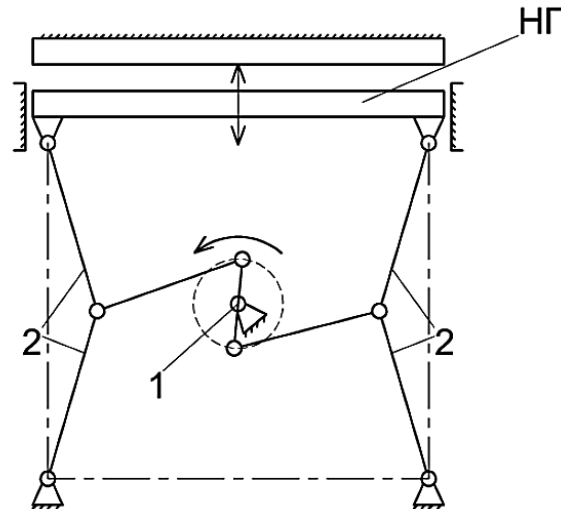


Рис. 2. Схема механізму приводу штанцювального пресу

На рисунку 3 зображено робоче вікно програми, в якому сформовано кінематичну схему механізму фальцювальних ножів з довільними розмірами ланок.

Для зручності аналізу та розрахунку в програмі можна візуально переглядати розміри ланок та їхні кути нахилу, напрямки швидкостей та прискорень ланок, вектори напрямку швидкостей та прискорень кінематичних пар, траєкторії руху точок тощо. На рисунку 4 можна побачити дослідження механізму приводу штанцювального пресу (величини довжин ланок задані довільно).

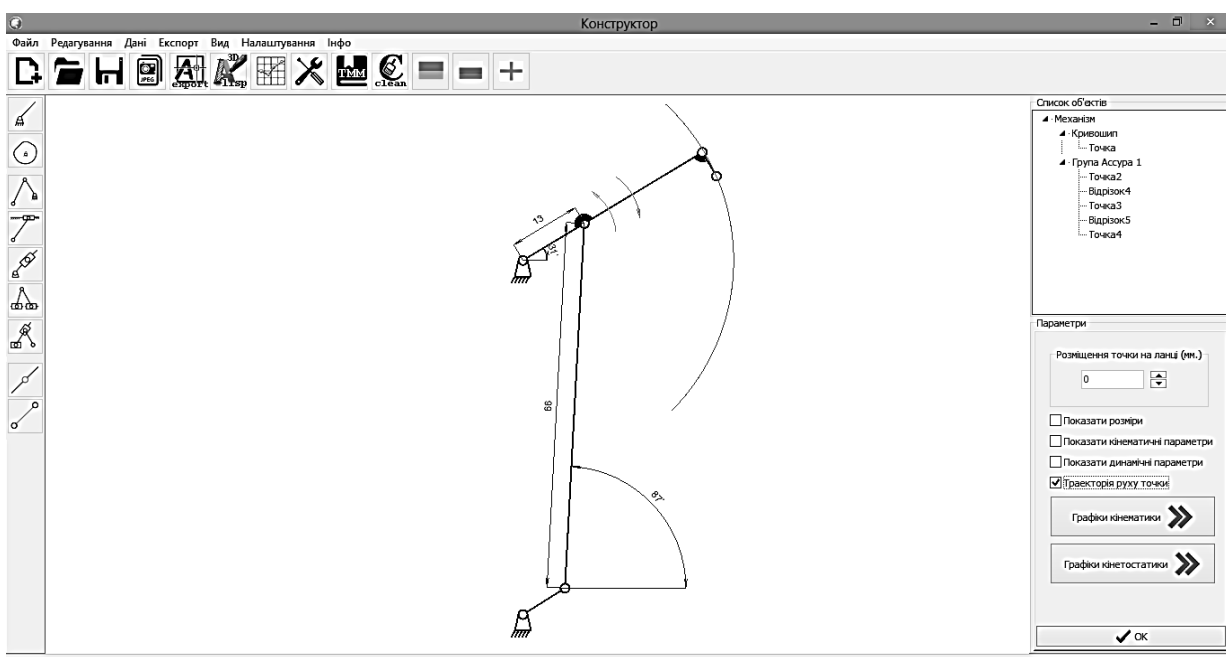


Рис. 3. Дослідження механізму фальцювальних ножів

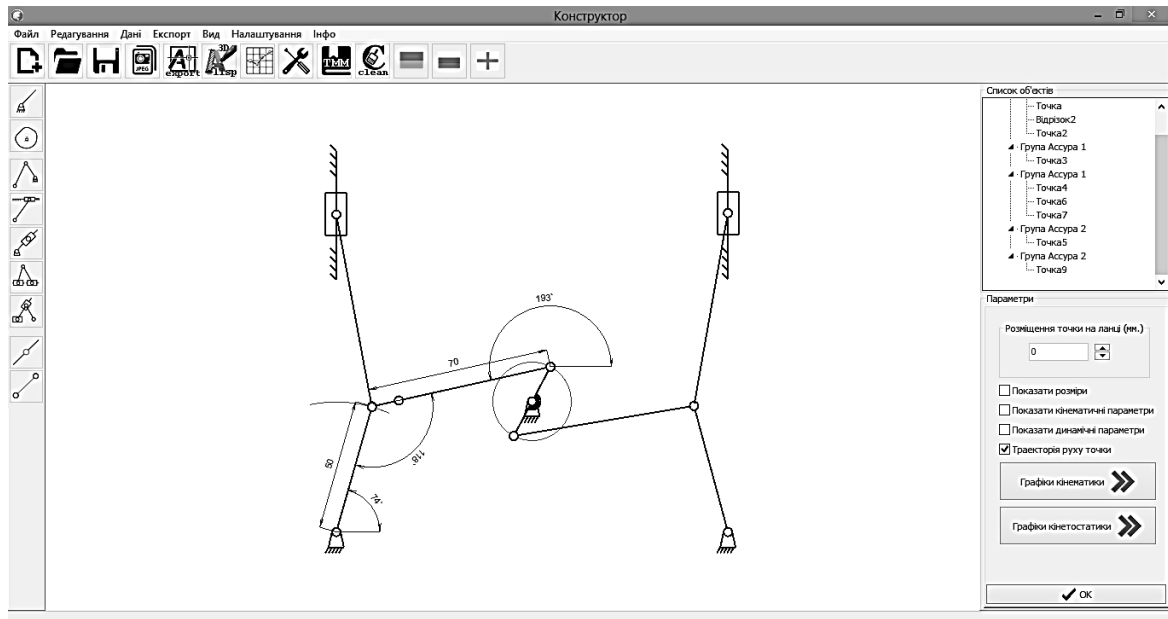


Рис. 4. Дослідження приводу механізму штанцювального пресу

Ще однією особливістю програми є можливість дослідження кулачкових механізмів або механізмів зі змінною довжиною ведучої ланки (кривошипа). На рисунку 5 показано механізм довільної структури, в якому привідна ланка змінює свою довжину на протязі всього циклу.

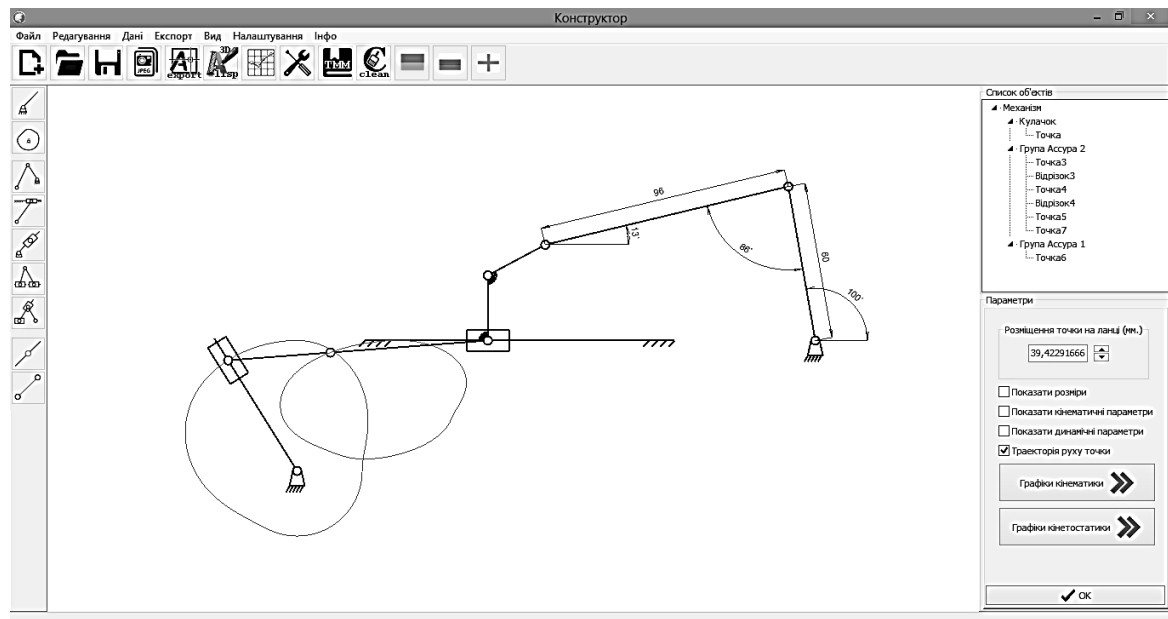


Рис. 5. Дослідження механізму довільної структури

Кінематичний розрахунок механізму базується на аналітичних залежностях отриманих у [3,4]. Результати обчислень можна переглядати у вигляді графіків та таблиць і записувати їх у текстовий файл. Для цього передбачені окремі вікна. Графіки зміни величин параметрів механізму можна дивитись в окремому вікні, зберігати в графічний файл та друкувати.

На прикладі механізму коливального конвеєра на рисунку 6 показано приклад отриманої об'ємної моделі досліджуваного механізму. Спочатку система автоматично формує код, який описує тривимірну модель досліджуваного механізму мовою AutoLISP для середовища AutoCAD [6]. Код програми відображається в окремому вікні, його можна відредагувати та зберегти в форматі \*.lsp. З цього самого вікна можна відкрити AutoCAD (якщо встановлений), він автоматично, без втручання користувача побудує 3D-модель механізму. Така реалізація даної можливості дає змогу відредагувати параметри 3D-моделі механізму змінивши код LISP-програми та сформувати саме таку модель механізму, яку потрібно.

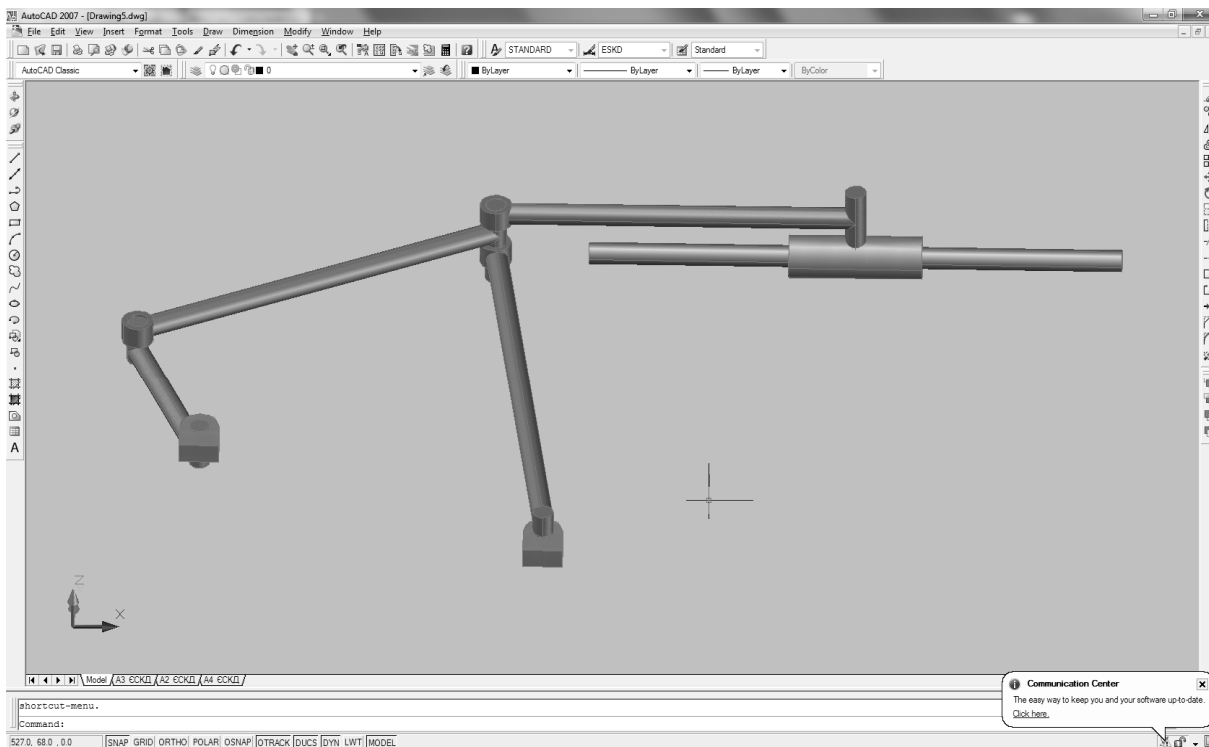


Рис. 6.3D-модель коливального конвеєра в середовищі AutoCAD

**Висновок.** Дана версія програми обчислює величини кінематичних характеристик механізмів II класу, що дає змогу проаналізувати кінематику механізму і отримати дані для подальшого динамічного синтезу та аналізу. Для поглибленого дослідження механізму, передбачено експорт даних (в формати \*.docx, \*.xlsx, \*.dwg, \*.lsp) та автоматичне формування коду опису тривимірної моделі для AutoCAD. Програма буде корисною при розрахунках механізмів як інженерам, так і аспірантам, магістрантам і студентам машинобудівних спеціальностей. Враховуючи досить високі можливості візуалізації механізмів даного програмного забезпечення, його можна буде застосовувати в навчальному процесі на лекційних та практичних заняттях.

В майбутньому програма буде розширюватись та удосконалюватись. Планується розроблення нових можливостей системи: динамічний синтез та аналіз і формування коду програми (CNC-програми) для фрезерних станків з ЧПУ для виготовлення кулачків.

1. Архангельський А.Я. Программирование в Delphi для Windows / А.Я. Архангельський // Верс. 2006, 2007, TurboDelphi – СПб.: Бином-Пресс, 2007. – 1248 с.
2. Кіницький Я.Т. Теорія механізмів і машин: Підручник / Я.Т. Кіницький. К. : Наукова думка. – 2002. – 660 с.
3. Пасіка В.Р. Кінематика важільних механізмів з групами Ассура I і II видів / В.Р. Пасіка // Наукові записки. – 2001. – Вип. 3. – С. 12-16.
4. Пасіка В.Р. Кінематика важільних механізмів з групами Ассура III і V видів / В.Р. Пасіка // Поліграфія і видавнича справа. – 2001. – №37. – С.50-66.
5. Регей І.І. Споживче картонне пакування : Матеріали, проектування, обладнання для виготовлення. — Л.: УАД, 2011. — 142 с.
6. СергейЗуев, НиколайПолюшук. САПР на базеAutoCAD - какэтоделается / БХВ-Петербург. 2004. – 1168с.
7. Хведчин Ю. Й. Брошурувально-палітурне устаткування : Ч. 2: Палітурне устаткування: Підруч. / Ю.Й. Хведчин – Львів: УАД, – 2007. – 392 с.
8. Центр измерительныхтехнологий и промышленнойавтоматизации МГУ: (Классификация систем САПР) [електронний ресурс] – доступу URL: <http://www.automationlabs.ru/index.php/sw/135-2008-06-24-22-10-27>.
9. Чехман. Я. І. Друкарське устаткування: Підручник/Я. І. Чехман, В. Т. Сенкус, В. П. Дідич, В. О. Босак. – Львів: УАД, 2005 – 468 с.