

УДК 004.422.8:621.01

**АНАЛІЗ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ
МЕХАНІЗМІВ ПОЛІГРАФІЧНИХ ТА ПАКУВАЛЬНИХ МАШИН**

В. В. Влах

*Українська академія друкарства,
вул. Підголоско, 19, Львів, 79020, Україна*

Кінематичний та динамічний аналіз механізмів є необхідним етапом у розробці нових поліграфічних і пакувальних машин, а також у покращенні роботи вже наявних. Сьогодні існує багато різновидів програмного забезпечення, за допомогою яких можна проводити розрахунок механізмів на кінематичні та динамічні характеристики. Проведений аналіз в мережі Інтернет показав, що професійні системи автоматизованого проектування, які дають можливість проводити кінематичний та динамічний аналіз, потребують додаткових знань для роботи з ними, великих апаратних ресурсів робочого комп'ютера, а також є дуже дорогими. Незважаючи на декілька спроб науковців та інженерів, так і не вдалось створити дешевий, простий в застосуванні та багатофункціональний інструмент. У Європі та США були розроблені рішення, які можна застосовувати лише у професійних потужних системах. Тому створення багатофункціонального, простого в користуванні та недорогого програмного забезпечення для розрахунку механізмів є актуальним.

Ключові слова: *автоматизований аналіз, САПР, кінематика, динаміка.*

Постановка проблеми. Одним із головних напрямів розв'язання завдань інтенсифікації виробництва і зростання продуктивності поліграфічного та пакувального устаткування є збільшення робочих швидкостей поліграфічних і пакувальних (ППМ) машин-автоматів [1] з одночасним підвищенням якості роботи їх виконавчих ланок, що сприяє підвищенню якості поліграфічної та пакувальної продукції. У цьому напрямі можливими шляхами є модернізація наявних або проектування нових циклових механізмів (ЦМ), здатних забезпечити рух робочих ланок за бажаними якісними характеристиками. Розв'язання цих завдань потребує розвитку відомих, пошуку і застосування нових методів їх аналізу і особливо синтезу за заданими критеріями або функціональними залежностями.

Необхідним етапом розробки та оптимізації сучасних механізмів є кінематичний аналіз [2–3]. Щораз частіше на початкових етапах проектування перед інженером постає питання про працездатність механізму взагалі, причому з погляду не тільки забезпечення міцності окремих його частин, а й взаємодії частин і вузлів у процесі роботи. Щоб забезпечити рух робочих ланок за бажаними якісними характеристиками, інженери та науковці застосовують багато різних методів та інструментів, найпоширенішим серед яких є робочий комп'ютер зі встановленим на ньому спеціалізованим програмним забезпеченням. Це забезпечує автоматизацію проектування, підвищує точність і прискорює процес.

Мета статті — подати результати проведеного аналізу даних у мережі Інтернет за автоматизованим кінематичним і динамічним аналізом механізмів.

Мета аналізу — отримати інформацію про те, які сьогодні існують програмні продукти, що за їх допомогою можна проводити розрахунки механізмів на їхні кінематичні та динамічні характеристики, а також з'ясувати, що досліджували і чого досягли вчені з різних країн для автоматизації розрахунку механізмів. Результати дослідження необхідні для того, щоб дізнатись, наскільки актуальним є розроблення власного спеціалізованого, простого в користуванні, недорогого продукту, який не потребував би великих апаратних ресурсів і мав великі можливості з розширюваним функціоналом.

Питанням автоматизованого аналізу і проектування механізмів присвячено багато наукових робіт, що зумовлено такими потребами: розв'язання складних задач проектування (синтез механізмів з новими властивостями або наперед заданими характеристиками); прискорення процесів розв'язання задач проектування; підвищення якості рішень проектних задач; виявлення нових можливостей, що виникають внаслідок появи нової, удосконаленої обчислювальної техніки.

Процес проектування повністю відповідає інформаційному процесу, під час якого відбувається перетворення вхідної інформації (про об'єкт, що проектується) у вихідну у вигляді проектних документів, виконаних у заданій формі, що містять проектні рішення або результати проектування. Отож сучасні персональні комп'ютери стають невід'ємною і головною частиною систем автоматизованого проектування (САПР).

CAD (Computer Aided Design) — система автоматизованого проектування, (САПР) — програмний пакет, призначений для створення креслень, конструкторської та/або технологічної документації та/або 3D-моделей. Сучасні системи автоматизованого проектування зазвичай використовуються спільно з системами автоматизації інженерних розрахунків та аналізу CAE (Computer — aided engineering). Дані з CAD-систем передаються в CAM (Computer-aided manufacturing — система автоматизованої розробки програм обробки деталей для верстатів з ЧПУ або ГАВС (гнучких автоматизованих виробничих систем).

Проаналізувавши матеріали, розміщені в Інтернеті, можна зробити висновок, що нині існує багато різновидів програмного забезпечення, яке дає змогу проводити кінематичний та динамічний аналіз будь-яких механізмів. Сьогодні є велика кількість пакетів САПР [4] різного рівня, які поділяють на три види: важкі, середні, легкі і безплатні.

Легкі САПР призначені для виконання майже всіх робіт з двовимірними кресленнями і мають обмежений набір функцій за тривимірним моделюванням. За допомогою цих систем виконуються близько 90% усіх робіт з проектування. Хоча наявні обмеження роблять їх не зовсім зручними. Галузь їх застосування — створення креслень окремих деталей і збірок.

Середні САПР — системи, що займають проміжне положення між важкими і легкими САПР, але при цьому дають можливість виконувати 90% усіх функцій важких, що за вартістю близькі до легких.

Важкі САПР застосовують для вирішення найбільш трудомістких завдань — моделювання поведінки складних механічних систем у реальному масштабі часу, що оптимізують розрахунки з візуалізацією результатів. Зазвичай до складу системи входять як суто графічні підсистеми, так і модулі для проведення розрахунків і моделювання, постпроцесори для верстатів з ЧПУ. На жаль, ці найпотужніші САПР найбільш громіздкі та складні в роботі, а також дуже дорогі.

Найбільш використовуваним в Україні професійним програмним модулем для кінематичного та динамічного аналізу механізмів можна вважати 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, програму T-Flex CAD 3D тощо. Ці програми дорогі, складні у засвоєнні та потребують великих апаратних ресурсів. Вартість усіх САПР співвідноситься за рівнями таким чином [5]:

- нижній — \$ 500–\$ 2000 за робоче місце (AutoCAD, AutoCAD LT, Компас);
- середній — \$ 2000–\$ 20000 (Inventor, Mechanical Desktop, SolidWorks);
- верхній — понад \$ 20000 (ProEngineer, Unigraphics).

Нещодавно Інтернет заповнила дуже цікава новинка — мобільний додаток Autodesk ForceEffect Motion [6], який дає змогу проводити кінематичний та кінетостатичний аналіз механізмів. Додаток можна безкоштовно завантажити на пристрої, які працюють на системах iOS або Android (рис. 1). З цією програмою також можна працювати і на персональному комп'ютері, але тільки в браузері Google Chrome та за умови постійного доступу до мережі Інтернет. Пропонована програма має значні переваги над іншими щодо простоти та доступності, але розглядати її як інструмент для проектування чи дослідження механізмів не варто, вона більше придатна для навчання студентів, оскільки має доволі обмежені інструменти для моделювання й аналізу механізмів.

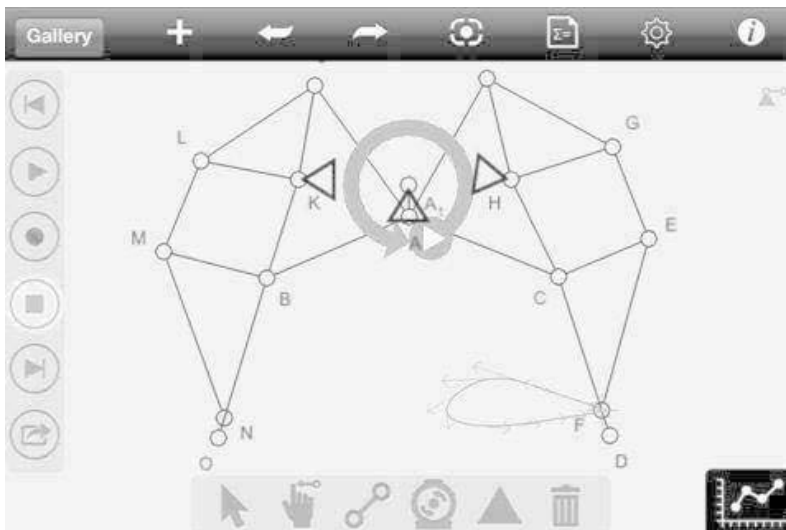


Рис. 1. Autodesk ForceEffect Motion на iOS

Результати аналізу свідчать, що для розрахунку механізмів використовують не тільки САПР, а також поширені універсальні програми, такі як Excel з офісного пакету від Microsoft чи MathCAD фірми PTC [7]. Багато вчених досліджують конкретні механізми за допомогою таких програм. У кожного з них вже є свої методи для розв'язання поставлених завдань, тому їм легше використовувати стандартні, давно відомі програмні продукти. Такий підхід може бути доречним для одноразового розрахунку, наприклад, для курсового чи дипломного проекту, а також для розрахунку нескладних механізмів. Для конструювання складних механічних систем потрібно буде витратити чимало часу, а також можна легко помилитися в якійсь складній формулі, і весь розрахунок буде неправильним, а, як свідчить практика, щоб знайти помилку в об'ємному розрахунку, треба докласти багато зусиль і терпеливості.

Не знайшовши спеціалізованого програмного забезпечення українською мовою, ми провели пошук російською мовою, проаналізувавши великий обсяг матеріалів. Результати аналізу показали, що на теренах країн СНД були спроби створити власне програмне забезпечення для кінематичного та динамічного аналізу механізмів, але всього декілька проектів привернули до себе увагу. У 2004 році на базі кафедри теорії механізмів і машин у Санкт-Петербурзькому державному політехнічному університеті студенти разом з викладачами створили програму «Структурний аналізатор» [8–9]. Програма не потребує великих апаратних ресурсів і є безкоштовною, але вона малофункціональна й дуже складна в користуванні (автор витратив чимало часу та зусиль, однак не вдалось проаналізувати хоча б якийсь механізм). Тобто для роботи з програмою користувачеві потрібно додаткове персональне пояснення самих розробників. Мабуть, тому цей продукт не здобув популярності навіть серед студентів.

Серед інших програмних продуктів, знайдених в Інтернеті, є «Кінематичний та силовий аналіз важільних механізмів» (КСАВМ) [10] та Контур. КСАВМ створив 2005 року студент ІТІ УДТУ І. Ю. Ноговіцин на кафедрі прикладної механіки. Ця програма дуже складна та незручна, хоча в ній заявлені досить великі можливості. Контур є зрозумілою програмою, яка має інтуїтивний інтерфейс, але є дуже простою та малофункціональною. Тому її не варто застосовувати до інструментів для проектування механізмів машин і в науковій діяльності.

В Україні подібне програмне забезпечення розробляли 2002 р. у Національному гірничому університеті м. Дніпропетровська, зокрема над цим працював студент II курсу Станіслав Руєв. Але згодом цей проект не розвивався і залишився нереалізованим повною мірою.

Дуже багато результатів пошукуві системи видають за запитом англійською мовою. Було знайдено багато англійських програмних продуктів за автоматизованим кінематичним і динамічним аналізом механізмів [12]. Одним з таких програмних продуктів є freeCAD [13] — це 3D САПР з можливостями руху моделювання. Програма підходить для тих, хто зацікавлений у вивченні 3D САПР і візуалізації механізмів безкоштовно, перед використанням складніших пакетів. У цій програмі досить високі можливості моделювання руху, тому

її можна використовувати у навчальному процесі під час вивчення геометрії, кінематики, динаміки і фізики. Після запуску цієї програми та роботи з нею впливає висновок, що вона не зовсім зрозуміла і для її використання потрібні додаткові знання.

Розробку інструменту для розрахунку механізмів на кінематичні та динамічні здійснювали в університеті Politecnico di Milano (Мілан, Італія), цей проект називається MBDyn [14]. У Європі такі програми розробляли досить багато фірм, однією з яких є фірма Silux (Швейцарія), яка розробила Multi-Body Dynamic Simulation [15]. В Іспанії вчені університету Technical University of Madrid 2005 року закінчили роботу над проектом MBS3D [16]. MBS3D — програма з відкритим вихідним кодом загального призначення для динамічного моделювання багатотільних систем. Вона являє собою програмний код для MATLAB — є дуже ефективною і перевіреною.

У Сполучених Штатах Америки над автоматизацією розрахунку механізмів працювали дуже багато вчених та спеціалістів. Одним серед них є інженер-механік Джон Колмен, який розробив метод OMD [17], що являє собою комплекс бібліотек, процедур та функцій, які можна інтегрувати в середовище програмування мовою C++ або Python. Ці методи можливо використовувати також у системі автоматизованого проектування Simulink. Такі готові рішення значною мірою помагатимуть розробникам програмного забезпечення та професійним інженерам механікам.

Висновки. Підбиваючи підсумки інтернет-аналізу, можна стверджувати, що сьогодні існує багато видів САПР, які дають можливість проводити кінематичний і динамічний аналіз механізмів. Це переважно великі потужні системи, які дорого коштують, складні в користуванні, потребують додаткових знань і великих апаратних ресурсів робочого комп'ютера. Лідер розробки таких систем Autodesk розробив безкоштовний мобільний додаток Force Effect Motion, який може бути корисним для студентів машинобудівних спеціальностей. У країнах СНД над розв'язанням проблеми автоматизації розрахунку механізмів працювали у 2000-х роках, але вагомих результатів досягнуто не було. Тому через низьку платоспроможність більшість вітчизняних учених та інженерів використовують для розрахунків універсальні програми, такі як Excel. У Європі та США також досліджували це питання. Створити програмний інструмент вузької спеціалізації не вдалось, але було розроблено багато рішень, які можна інтегрувати в потужні системи для удосконалення проектування. Отже, розроблення дешевої, багатofункціональної, простої в користуванні комп'ютерної програми для кінематичного та динамічного аналізу механізмів є актуальною проблемою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кузнецов В. О. Розроблення теоретичних основ синтезу циклових механізмів поліграфічних і пакувальних машин критеріальними методами : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук: спец. 05.05.01 «Машини і процеси поліграфічного виробництва» / В. О. Кузнецов. — Львів, 2013. — 42 с.

2. Пасіка В. Р. Кінематика важільних механізмів з групами Ассура I і II видів / В. Р. Пасіка // Наукові записки. [Українська академія друкарства]. — 2001. — Вип. 3. — С. 12–16.
3. Пасіка В. Р. Кінематика важільних механізмів з групами Ассура III і V видів / В. Р. Пасіка // Поліграфія і видавнича справа. — 2001. — № 3.
4. Портал проєктувальників: (Обзор САПР) [Електронний ресурс]. — Режим доступу URL : http://project-help.ru/actual/obzor_sapr.html.
5. Центр измерительных технологий и промышленной автоматизации МГУ: (Классификация систем САПР) [Електронний ресурс]. — Режим доступу URL : <http://www.automationlabs.ru/index.php/sw/135-2008-06-24-22-10-27>.
6. News and Commentary for CAD and DCC Professionals: (Autodesk ForceEffect Motion extends mobile simulation - See more at) [Електронний ресурс] / Randall S. Newton — Режим доступу URL : <http://gfxspeak.com/2012/05/03/autodesk-forceeffect-motion-extends-mobile-simulation>.
7. Евграфов А. Н. Компьютерная анимация кинематических схем в программах Excel и Mathcad / А. Н. Евграфов, Г. Н. Петров // Теория механизмов и машин. — 2008. — № 1. — Том 6.
8. Карловский Д. А. Программа структурного анализа механизмов / Д. А. Карловский, С. В. Вишнеvский, Н. С. Семенова // Теория механизмов и машин. — 2005. — № 1. — Т. 3.
9. Теория механизмов и машин. Портал для профессионалов и студентов [Електронний ресурс]. — Режим доступу URL : tmm.spbstu.ru/download.html
10. Библиотека материалов Twirpx [Електронний ресурс]. — Режим доступу URL : <http://www.twirpx.com/file/5817>.
11. Energo Soft [Електронний ресурс]. — Режим доступу URL: http://energosoftware.info/soft_raznoe_31_40.html.
12. Freebyte.com [Електронний ресурс]. — Режим доступу URL : <http://www.freebyte.com/cad/dynamic.htm#dynamicssimulationsoftware>.
13. AR-CAD LLC [Електронний ресурс]. — Режим доступу URL : <http://www.ar-cad.com/freecad/index.html>.
14. MBDyn - Free MultiBody Dynamics Simulation Software [Електронний ресурс]. — Режим доступу URL : <https://www.mbdyn.org>.
15. Silux [Електронний ресурс]. — Режим доступу URL : <http://www.silux.com>.
16. Multibody Systems [Електронний ресурс]. — Режим доступу URL : <http://mat21.etsii.upm.es/mbs>.
17. OMD [Електронний ресурс]. — Режим доступу URL : <http://enlightenengineering.com>.

ANALYSIS OF SOFTWARE FOR RESEARCH OF MECHANISMS OF PRINTING AND PACKAGING PRESSES

V. V. Vlach

*Ukrainian Academy of Printing,
19, Pidholosko St., Lviv, 79020, Ukraine*

Kinematic and dynamic analysis of mechanisms is a necessary stage in the development of new printing and packaging presses, as well as improving the existing ones. Today there are many types of software which you can use to calculate mechanisms on kinematic and dynamic characteristics. The analysis on the Internet

has shown that professional computer aided design, which enable to conduct kinematic and dynamic analysis, need additional knowledge to work with them, large hardware resources of the computer, and are very expensive. After several attempts of scientists and engineers to create a cheap, easy to use and feature rich tool have failed. In Europe and the US they have developed solutions that can be used only in professional powerful systems. So the creation of multifunctional, easy to use and inexpensive software for calculating mechanisms is important.

Keywords: *automated analysis, CAD, kinematics, dynamics.*

Стаття надійшла до редакції 13.07.2015.