

УДК 681.625+621.835+621.8.028.3

© Д. С. Гриценко, к.т.н., ст. викладач, НТУУ «КПІ», Київ,
Україна

**КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ
КУЛАЧКОВОГО МЕХАНІЗМУ ПРИВОДУ
ПОВОРОТНОГО СТОЛУ ТАМПОДРУКАРСЬКОЇ МАШИНИ**

У статті проведено моделювання засобами комп'ютерного середовища Autodesk Inventor з метою підтвердження проведених аналітичних досліджень параметрів кулачкового механізму приводу поворотного столу подавання виробів у зону друку тамподрукарської машини, який перетворює обертальний рух постійної швидкості у періодичний обертальний рух, який описується диференціальним законом.

Ключові слова: комп'ютерне моделювання; тамподрукарська машина; друкування; поворотний стіл; кулачковий механізм; закон періодичного руху; швидкість.

Постановка проблеми

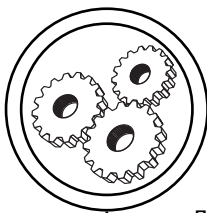
Кулачковий механізм періодичного повороту доцільно використовувати для здійснення періодичного поворотного руху транспортувального пристрою подавання виробів у зону друку тамподрукарської машини [1]. До таких транспортувальних пристроїв ставляться вимоги точної фіксації виробів у зоні друку, можливості задання необхідного закону періодичного руху та будь-якого співвідношення періоду вистою до повного кінематичного циклу за вимогами технологічного процесу.

Одним із методів підтвердження достовірності проведених аналітичних розрахунків запропонованих механізмів приводу [2] для широкого впровадження їх у механізмах приводу ланок

машин, які здійснюють періодичний рух, є використання засобів комп'ютерного моделювання. Такі дослідження дозволяють спростити і пришвидшити процес синтезу кулачкового механізму приводу, зменшує вірогідність появи похибок і дозволяє оптимізувати конструктивні параметри.

Аналіз попередніх досліджень

На сьогодні у літературних джерелах не представлено результатів аналітичних досліджень кулачкових механізмів періодичного повороту із профілем, виконаним із розривом по мінімальних радіусах-векторах. Наведена в джерелах [3–5] методика розрахунку не дозволяє провести розрахунки механізмів такого типу.



Автором статті було проведено аналітичні розрахунки кулачкового механізму періодичного повороту [6]. Було розроблено методику розрахунку кулачкового механізму періодичного повороту крокових транспортувальних пристроїв поліграфічних машин, зокрема тамподрукарських, для подавання виробів в зону друкування, із забезпеченням точного відтворення заданого закону періодичного руху виконавчими ланками поліграфічних машин, а також визначено основні геометричні параметри механізму.

Проте підтвердження проведених аналітичних розрахунків експериментальними методами здійснено не було. Тому актуальним є проведення з використанням нових сучасних програмних продуктів моделювання кулачкового механізму приводу поворотного столу періодичного руху подавання виробів у зону друку тамподрукарської машини.

Мета роботи

Метою роботи є перевірка результатів проведених аналітичних досліджень кулачкового механізму приводу поворотного столу періодичного руху подавання виробів у зону друку тамподрукарської машини з використанням засобів комп'ютерного моделювання.

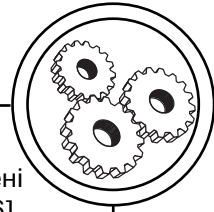
Результати проведених досліджень

Вибір системи моделювання. Одним із сучасних методів проведення експериментальних досліджень є комп'ютерне моделювання. Комп'ютерне сере-

довище Autodesk Inventor широко використовується інженерами та науковцями для проектування, візуалізації і виконання всебічного аналізу цифрових моделей виробів. Функції програми допомагають уникнути проектних помилок, більш ефективно співпрацювати і швидше виводити на ринок інноваційні вироби. Модель, створена в такому програмному середовищі, є точним цифровим 3D-прототипом, який надає всі можливості для перевірки відповідності розробленої продукції функціональним та дизайнерським вимогам, перевірки поведінки виробів при експлуатації в цифровому форматі, тим самим мінімізуючи необхідність створення фізичних дослідних зразків. Inventor включає в себе прості у використанні і тісно взаємодіючі між собою засоби динамічного аналізу і розрахунку напруження, які допомагають досліджувати поведінку деталей та виробів в умовах реальної експлуатації та швидко випускати на ринок високоякісну продукцію [7].

За допомогою такої комп'ютерної програми створено цифрові моделі механізмів, що дає можливість виконати перевірку взаємодії ланок механізмів та забезпечення заданого закону періодичного руху веденої ланки.

Достовірність отриманих даних є підтвердженою у випадку співпадіння заданого закону періодичного руху в початкових параметрах під час розрахунку і отриманого (виміряного) після виготовлення механізму періодичного повороту. Для дослід-



ження кутової швидкості веденої ланки механізму періодичного повороту використано модуль динамічного моделювання Simulation програми автоматичного проектування Autodesk Inventor.

Для досягнення мети дослідження вирішувались наступні задачі:

- проектування відповідного механізму періодичного повороту відповідно до розрахунків програми;

- дослідження закону періодичного руху відповідного спроектованого механізму періодичного повороту веденої ланки та співставлення із заданими значеннями;

- отримання даних, які уточнюють проведені дослідження.

Комп'ютерне моделювання кулачкового механізму. Для початку роботи вибрано основні параметри механізму, рекомен-

дації щодо вибору яких наведені у попередніх дослідженнях [6]. За допомогою запропонованої програми [8], ввівши початкові параметри розрахунку, отримуємо результат обчислення у графічному вигляді та у вигляді табличних даних, які відображають розміри радіусів-векторів змінного профілю кулачка та відповідні біжучі кути повороту. Далі, використовуючи розраховані дані, у програмі Autodesk Inventor побудовано профіль кулачка (рис. 1) та створено сам тривимірний кулачок.

За наведеними у програмі даними побудовано інші елементи механізму: основу, циліндричну зубчасту передачу, колесо якої виконує роль коромислового диску, ролики, ведений вал. Для навантаження механізму створимо ведену ланку у вигляді поворотного столу тамподрукарської машини з чотирма позиціями для кріплення виробів (рис. 2).

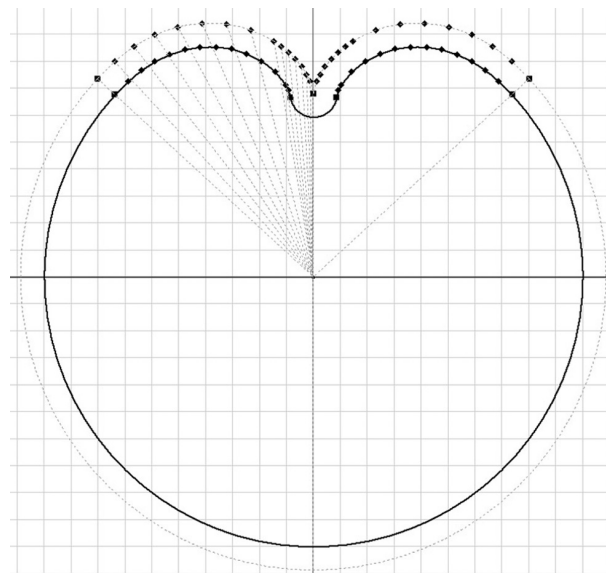


Рис. 1. Профіль кулачка, побудований у програмі Autodesk Inventor

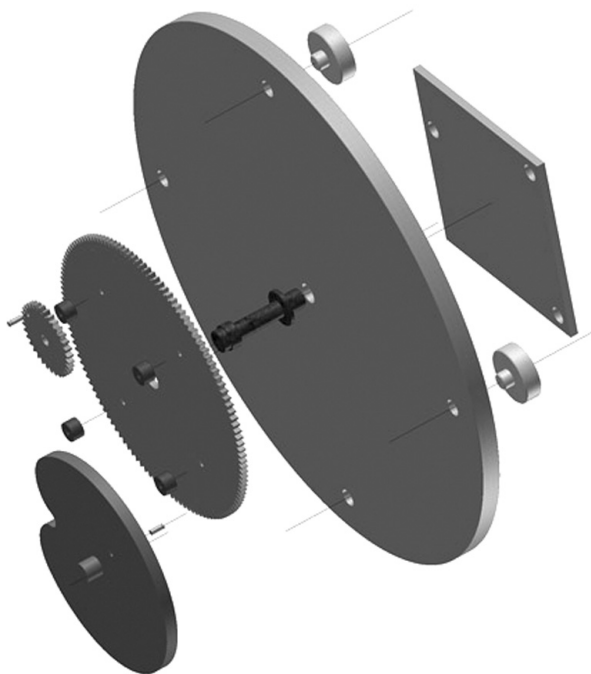
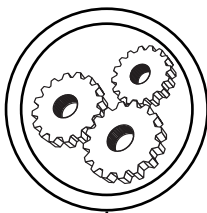


Рис. 2. Деталі механізму періодичного поворотного руху у програмі Autodesk Inventor

Далі створено збірку кулачкового механізму з накладанням необхідних зв'язків на ланки (рис. 3).

Дослідження роботи кулачкового механізму на ПК. Відповідно до силових пара-

метрів столу проведено розрахунки з використанням таких даних: закон періодичного руху — «2.12», базовідстань — $b = 300$ мм, фазовий кут — $\varphi = 160$ град., радіус коромислового диску — $l = 164$ мм, частота обертання головного валу — $n = 20$ об/хв.

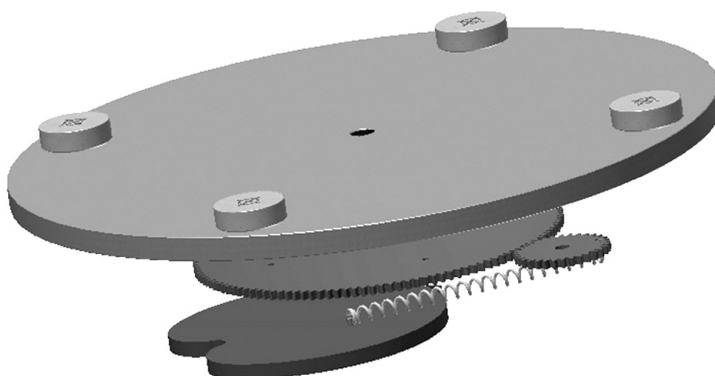
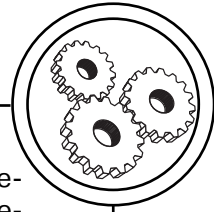


Рис. 3. Спроектований чотирипозиційний поворотний стіл тамподрукарської машин



В середовищі Simulation (динамічне моделювання) підпрограми Autodesk Inventor на відповідні вузли накладено сили тертя, на кулачок постійний обертальний момент відповідної частоті обертання 20 об/хв., пружний зв'язок між кулачком і шестернею зубчастої передачі та силу земного тяжіння. Для того, щоб ланки механізму впливали одна на одну як тверді тіла, накладено на них «2D-контакт». Це дозволяє отримати змодельовані, наближені до реальних, необхідні параметри досліджуваного механізму.

У вікні симулятора руху встановлено параметри: час моделювання — 6 с, оскільки відповідно заданій швидкості обертання кулачка один період руху коромислового диску дорівнює 3 с, у полі «Фільтр» — відтворювати кожний кадр.

Після закінчення обрахування у програмі за допомогою вікна «пристрій графічного виводу» можливо переглянути

різноманітні результати моделювання, необхідні для характеристики роботи механізму. У нашому випадку вибрано параметр «Швидкість» веденої ланки і отримано діаграму кутового переміщення.

За допомогою середовища математичного моделювання MathCAD [9] проведено обробку отриманих значень і порівняно зі значеннями відповідно яких проводились розрахунки. Графіки значень швидкостей розрахованих і змодельованих представлено на рис. 4 в інваріантній формі. Суцільною лінією представлено заданий закон періодичного руху «2.12», а пунктирною — отримані значення швидкості обертання. Отримані значення вираховувались за формулою:

$$b_k = \omega_k \frac{30 \cdot \varphi}{\pi \cdot n \cdot \gamma_\Sigma}, \quad (1)$$

де ω_k — кутова швидкість кулачка, φ — фазовий кут, n — частота

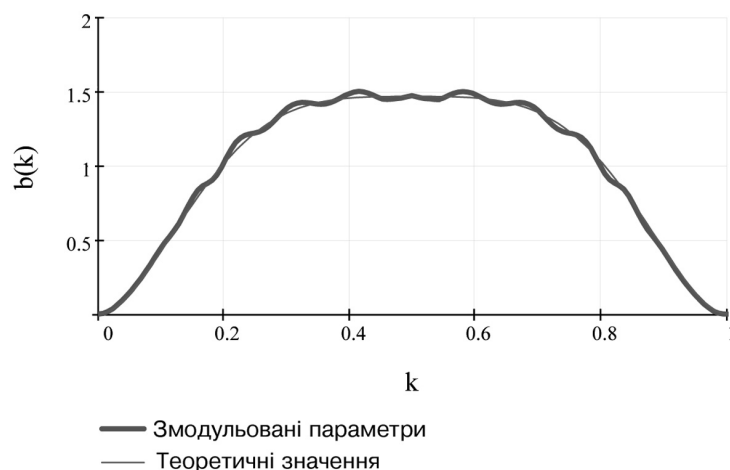
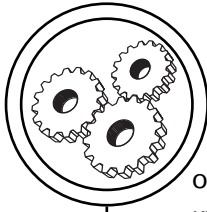


Рис. 4. Порівняння розрахованих і змодельованих значень швидкостей



обертання головного валу, γ_{Σ} — кут повороту коромислового диску.

З наведених на рис. 4 графіків видно, що значення швидкості змодельованого механізму співпадають з заданим при розрахунку законом періодичного руху. Відхилення даних отриманих при моделюванні відносно теоретичних знаходиться у допустимих межах в 1,3 %. Деякі відхилення від теоретичної лінії пояснюються тим, що при моделюванні руху складну геометрію поверхонь кулачка і роликів програмою було замінено полігонами.

Проведене комп'ютерне моделювання запропонованого кулачкового механізму підтвердило правильність викладених у [6] теоретичних положень. Таким чином, можна зробити висновок, що за допомогою даного програмного забезпечення отримуються достовірні значення,

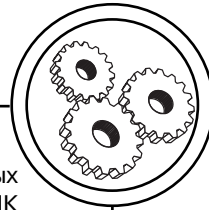
необхідні для проектування чи виготовлення кулачка кулачкового механізму періодичного повороту. Тому можна рекомендувати використовувати таке програмне забезпечення для створення нових та покращення існуючих механізмів періодичного повороту ведених ланок поліграфічних машин.

Висновки

Проведене моделювання кулачкового механізму періодичного повороту з використанням програми автоматичного проектування Autodesk Inventor Simulation дозволило підтвердити роботоздатність запропонованої методики розрахунку та правильність викладених теоретичних положень і прийнятих припущень. Отримані дані при моделюванні ідентичні розрахованим (відхилення не перевищують допустимих меж в 1,3 %).

Список використаної літератури

1. Петрук А. І. Визначення раціональної структури механізмів періодичного повороту поліграфічних машин / А. І. Петрук, Д. С. Гриценко // Збірник наукових праць «Технологія і техніка друкарства». — К., 2007. — № 3–4. — С. 86–94. — Режим доступу : http://druk.kpi.ua/publications/view_publications/authors/%D0%9F%D0%B5%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BA.
2. Пат. 32250 України, МПК (2006) F 16 Н 25/00. Пристрій для періодичного обертального руху веденої ланки / А. І. Петрук, Д. С. Гриценко, О. Я. Моргун. — № u200714825; заявл. 26.12.2007; опубл. 12.05.2008, Бюл. № 9. — 3 с.
3. Тир К. В. Комплексный расчет кулачковых механизмов / К. В. Тир. — М. : Машгиз, 1958. — 308 с.
4. Артоболевский И. И. Теория механизмов и машин : учебник [для студ. высш. учеб. зав.] / И. И. Артоболевский. — М. : Наука, 1988. — 640 с.
5. Кожевников С. Н. Теория механизмов и машин : учебник [для студ. высш. учеб. зав.] / С. Н. Кожевников. — М. : Машиностроение, 1973. — 591 с.
6. Шостачук Ю. О. Розрахунок кулачкового механізму періодичного повороту / Ю. О. Шостачук, Д. С. Гриценко // Збірник наукових праць «Технологія і техніка друкарства». — К., 2012. — № 1(35). — С. 97–106. — Режим доступу : <http://ttdruk.vpi.kpi.ua/article/view/32748>.



7. Концевич В. Г. Твердотельное моделирование машиностроительных изделий в Autodesk Inventor / В. Г. Концевич. — К.-М. : ДиаСофтЮП, ДМК Пресс, 2007. — 672 с.

8. Свідцтво, про реєстрацію авторського права на твір № 47250, Україна. Розрахунок кулачкового механізму періодичного повороту (комп'ютерна програма) / Ю. О. Шостачук, Д. С. Гриценко. — Заяв. № 47533 від 16.11.2012; опубл. 16.01.2013.

9. Кирьянов Д. В. Самоучитель Mathcad 13 / Д. В. Кирьянов. — СПб. : БХВ-Петербург, 2006. — 528 с.

References

1. Petruk A. I. Vyznachennia ratsionalnoi struktury mekhanizmiv periodychnoho povorotu polihrafichnykh mashyn / A. I. Petruk, D. S. Hrytsenko // Zbirnyk naukovykh prats «Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva». — K., 2007. — № 3–4. — S. 86–94. — Rezhym dostupu : http://druk.kpi.ua/publications/view_publications/authors/%D0%9F%D0%B5%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BA.

2. Pat. 32250 Ukrainy, MPK (2006) F 16 H 25/00. Prystrii dlia periodychnoho obertalnoho rukhu vedenoi lanky / A. I. Petruk, D. S. Hrytsenko, O. Ia. Morhun. — № u200714825; zaiavl. 26.12.2007; opubl. 12.05.2008, Biul. № 9. — 3 s.

3. Tir K. V. Kompleksnyj raschet kulachkovykh mehanizmov / K. V. Tir. — M. : Mashgiz, 1958. — 308 s.

4. Artobolevskij I. I. Teorija mehanizmov i mashin : uchebnik [dlja stud. vyssh. ucheb. zav.] / I. I. Artobolevskij. — M. : Nauka, 1988. — 640 s.

5. Kozhevnikov S. N. Teorija mehanizmov i mashin : uchebnik [dlja stud. vyssh. ucheb. zav.] / S. N. Kozhevnikov. — M. : Mashinostroenie, 1973. — 591 s.

6. Shostachuk Iu. O. Rozrakhunok kulachkovoho mekhanizmu periodychnoho povorotu / Iu. O. Shostachuk, D. S. Hrytsenko // Zbirnyk naukovykh prats «Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva». — K., 2012. — № 1(35). — S. 97–106. — Rezhym dostupu : <http://ttdruk.vpi.kpi.ua/article/view/32748>.

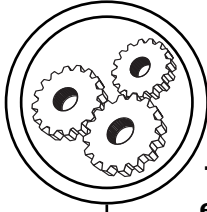
7. Koncevich V. G. Tverdotel'noe modelirovanie mashinostroitel'nyh izdelij v Autodesk Inventor / V. G. Koncevich. — K.-M. : DiaSoftJuP, ДМК Пресс, 2007. — 672 с.

8. Svidotstvo, pro reiestratsiiu avtorskoho prava na tvir № 47250, Ukraina. Rozrakhunok kulachkovoho mekhanizmu periodychnoho povorotu (komp'iuterna prohrama) / Iu. O. Shostachuk, D. S. Hrytsenko. — Zaiav. № 47533 від 16.11.2012; opubl. 16.01.2013.

9. Kir'janov D. V. Samouchitel' Mathcad 13 / D. V. Kir'janov. — SPb. : BHV-Peterburg, 2006. — 528 s.

В статье осуществлено моделирование средствами компьютерной среды Autodesk Inventor с целью подтверждения проведенных аналитических исследований параметров кулачкового механизма привода поворотного стола подачи изделий в зону печати тампопечатной машины, который преобразует вращательное движение постоянной скорости в периодическое вращательное движение, которое описывается дифференциальным законом.

Ключевые слова: компьютерное моделирование; тампопечатная машина; печать; поворотный стол; кулачковый механизм; закон периодического движения; скорость.



The article presents the modeling with the computer simulation environment Autodesk Inventor to confirm the feasibility studies of the parameters of cam drive mechanism of a rotary table for products delivery to the printing area a screen printing press that converts the rotational motion of constant velocity in periodic rotational motion, which is described by the differential law.

Keywords: computer modeling; screen printing press; printing; rotary table; cam mechanism; the law of periodic motion; velocity.

Рецензент — Ю. О. Шостачук, к.т.н.,
доцент, НТУУ «КПІ»

Надійшла до редакції 22.12.15