

## ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ 3D-ПРИНТЕРА НА ОСНОВІ МЕХАНІЗМУ ПАРАЛЕЛЬНОЇ СТРУКТУРИ

Виконані і заплановані дослідження покликані висвітлити підходи та процеси проектування технологічного обладнання з врахуванням сучасних вимог на прикладі використання адитивних технологій [2] з метою суттєвого підвищення швидкості переміщення робочих органів (РО), зокрема, за рахунок використання механізмів паралельної структури (МПС) і застосування модульного принципу [1, 3, 4, 7]. Це дозволяє підвищити продуктивність виготовлення виробів, зменшити час та витрати на проектування, складання і переналагодження.

Проведені патентно-інформаційні дослідження свідчать про те, що переважна більшість 3D-принтерів присвячені виконанню однієї функції, тобто однієї операції, і не передбачають в своєму складі інших модулів з можливістю їх заміни і перекомпонування. З цієї причини автором були проведені дослідження, спрямовані на порівняльний аналіз та синтез різних структур 3D-принтерів, їх схем і конструкцій з теоретичним обґрунтуванням і експериментальним підтвердженням на дослідному зразку [6].

Роботи по дослідженню структури, кінематики і динаміки 3D-принтерів з МПС є актуальними і сприяють подальшому удосконаленню адитивних технологій при створенні високопродуктивної і високоточної техніки нових поколінь, в тому числі мультифункціональної [6, 8].

Основні задачі кінематичного аналізу сформульовані наступним чином:

- а) визначення траєкторій руху вихідної ланки за заданими законами руху приводів (пряма задача кінематики);
- б) визначення законів переміщення керованих координат приводів, що забезпечують необхідний закон переміщення вихідної ланки механізму;
- в) визначення швидкості вихідної ланки по заданим швидкостям керованих приводних координат, а також рішення оберненої задачі, тобто визначення швидкостей керованих координат, що забезпечують задані швидкості вихідної ланки;
- г) розв'язання лінійних рівнянь для розрахунку управління виконавчими приводами для забезпечення заданого закону переміщення вихідної ланки.

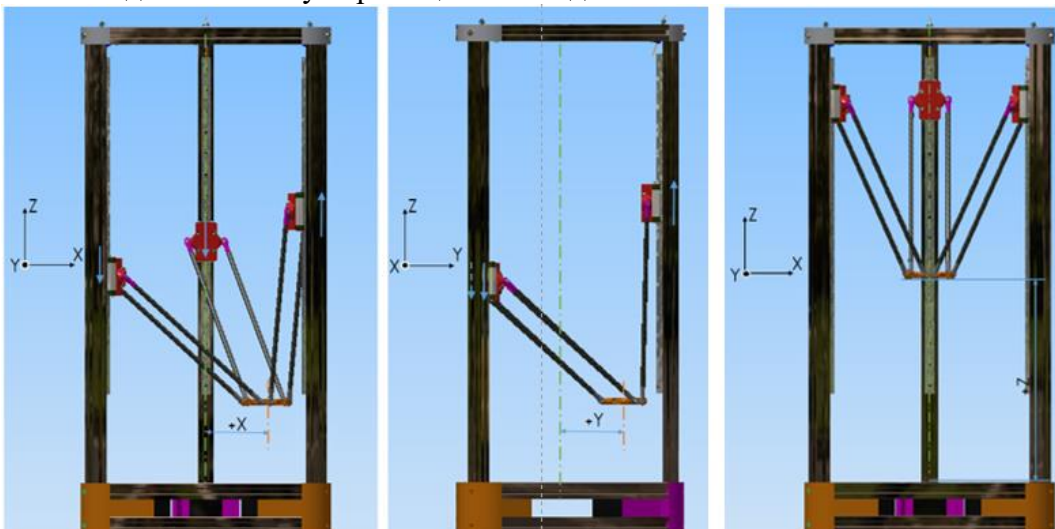


Рис. 1 – CAD-модель 3D-принтера на основі триглайду

Проектування 3D-принтера на основі триглайду вимагає формалізації зв'язків між компонентами системи (рис. 2) для математичного опису з подальшим візуальним моделюванням, оцінкою очікуваних технічних характеристик, визначення оптимальних значень показників і проектування запропонованих верстатів.



Рис. 2 – Операції, пов'язані з кінематичним аналізом при проектуванні 3D-принтера

Розроблено програму в Mathcad, за допомогою якої можна записувати анімації руху принтера за заданою траєкторією, будувати та аналізувати кінематичні характеристики ланок.

Складність вирішення прямої задачі кінематики, полягає в тому що при вирішенні даної задачі виникає математична невизначеність. Тобто вихід в позицію РО з координатами можна досягти більше як одним способом, тобто за різною траєкторією. Тому дана задача вирішується програмно на основі рівнянь, що були знайдені при вирішенні зворотної задачі.

Продовжуються дослідження по розширенню функціональних можливостей й інтелектуальних функцій 3D-принтерів з МПС у виконанні Smart Zavod [8].

### Список посилань

1. Агрегатно-модульне технологічне обладнання. Ч.1 / [Під ред. Ю.М. Кузнецова] – Кіровоград: Імекс ЛТД, 2004. – 442 с.
2. Интегрированные технологии ускоренного прототипирования и изготовления. Монография. Под ред. Л.Л. Таважнянского, А.И. Грабченко. – Харьков: ОАО «Модель вселенной», 2002. – 140 с.
3. Крижанівський В. А. Технологічне обладнання з паралельною кінематикою / В. А. Крижанівський, Ю. М. Кузнецов, І. А. Валявський, Р. А. Скляр; [під ред. Ю.М. Кузнецова]. – Кіровоград, 2004. – 449 с.
4. Кузнецов Ю.М. //Кінематичний аналіз 3D-принтера модульного компонування на базі механізму паралельної структури / Кузнецов Ю.М., Солнцев О.В. // Перспективні технології та прилади. – №21. – Луцьк, 2022. – С.43-50. DOI 10.36910/10.36910/6775-2313-5352-2022-21-07
5. Charles Bell. 3D Printing with Delta Printers / Ch. Bell. – Apress, 2015
6. Yurii Kuznietsov. Structural morphological synthesis of parallel kinematics based hybrid 3D-printer and connection with the challenges of INDUSTRY 4.0 / Yurii Kuznietsov, Oleksii Solntsev // Journal of the Technical University of Gabrovo. – vol.65. – 2022. – p.p.1-6.

7. Yuri Kuznetsov. Realization of frame-configurations conception of machine-tools with mechanisms parallel structure / Yuri Kuznetsov, Dmitriy Dmitriev //Journal of Technical University of Gabrovo. – vol.54. – 2017. – p.p.27-31.

8. Yoshimi Ito. Modular design for machine tools. Smart Zavod-McGrow-Hill, New York, London, Toronto, 2006. – 493 p. – DOI: 10.1036/0071496602.

УДК 621.01

**Кошель С.О., канд. техн. наук, доцент**

Київський національний університет технологій та дизайну, a\_koshel@ukr.net

**Кошель Г.В., канд. техн. наук, доцент**

Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна», a\_koshel@ukr.net

## ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ МЕХАНІЗМУ З СТРУКТУРНОЮ ГРУПОЮ ЧЕТВЕРТОГО КЛАСУ ТРЕТЬОГО ПОРЯДКУ

Складні плоскі механізми знайшли широке застосування в технологічному обладнанні різних галузей виробництва, зокрема, в машинах на підприємствах індустрії моди. Задачі дослідження таких багатоланкових механізмів є актуальними, а їх результати дозволяють розширити технологічні можливості існуючого обладнання та проектувати нові машини з інноваційними техніко-експлуатаційними можливостями.

Складним плоским механізмам присвячуються роботи, в яких виконується структурний [1-4] та кінематичний їх аналізи [5-7], проводиться силовий розрахунок механізму обладнання легкої промисловості [8], зокрема, механізму четвертого класу [9]. В ряді робіт розглядаються задачі дослідження складних просторових механізмів [10, 11].

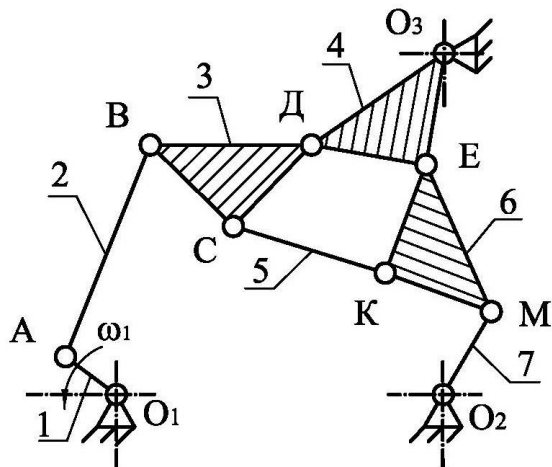


Рис. 1

Механізм першого класу (ланки 0, 1) разом з структурною групою четвертого класу третього порядку (рис.1), до складу якої надходить сукупність шістьох рухомих ланок 2÷7 ( $n=6$ ) разом з дев'ятьма кінематичними парами п'ятого класу А, В, С, Д, О<sub>3</sub>, Е, К, М, О<sub>2</sub> ( $p_5=9$ ) утворюють механізм четвертого класу з ступенем рухомості один та одним кривошипом, формула будови якого наведена на рис.2. До структурної особливості механізму можна віднести наявність трьох складних ланок в його структурі: двох шатунів (ланки 3, 6) та одного коромисла (ланка 4), які разом з шатуном 5 утворюють рухомий замкнений контур С, Д, Е, К.

1 клас (ланки 0, 1) → 4 клас 3 порядок (ланки 2÷7)

Рис. 2

Для структурного аналізу складного плоского механізму четвертого класу використовуємо властивість механічних систем ланок змінювати клас в залежності від умовно обраної іншої можливої вхідної ланки механізму.

Досліджуємо механізм в послідовності, яка обумовлена умовно іншими ведучими ланками 4 та 7. Якщо за початковий механізми вибрати сукупності ланок 0, 4 (0- нерухома ланка ,стояк) та 0,7 - формули будови механізму, відповідно, набувають вигляду (рис.3, 4).