

УДК 681.625.8

О.В. Матошин, студент гр. ПБ-81
КПІ ім. Ігоря Сікорського

МЕТОДИКА ПОЗИЦІОНУВАННЯ 3D ПРИНТЕРА ІЗ КІНЕМАТИКОЮ «ДЕЛЬТА»

Анотація. В статті розглянуто моделювання точності позиціонування виконавчого органу 3D принтера із кінематикою «Дельта». Проведено аналіз похибок, які виникають в процесі переміщення каретки з друкуючою головкою, і оцінено їх вплив на точність та якість деталей. Запропонована математична модель аналізу абсолютних, відносних та динамічних похибок позиціонування каретки з друкуючою головкою в процесі друку.

Ключові слова: «Дельта» 3D-принтер, кінематика, позиціонування, похибки, друкуюча головка.

ВСТУП

У сучасному виробництві все більш широкого застосування знаходять адитивні технології, які дозволяють отримувати вироби практично будь-якої складності і конфігурації, і мають широке застосування в авіаційній і ракетно-космічній, приладо- та машинобудівній, медичній та інших галузях [1, 2].

Тенденція підвищення вимог до якості виробів все більше пов'язана з нетрадиційними конструкторськими та технологічними рішеннями, реалізація яких утруднена і навіть неможлива на основі використання традиційних методів та технологій. У той же час сучасні технології 3D-друку часто не відповідають вимогам до точності виробів, що є наслідком недостатнього наукового забезпечення технологій швидкого прототипування, відсутністю інформації про основні закономірності зміни технологічних параметрів процесу друку і їх зв'язок з параметрами точності виробів [3, 4].

У зв'язку з ростом кількості технологічних завдань, що вирішуються при виробництві продукції приладобудування та їх різноманітності, зростання вимог до технологічного обладнання технологій 3D-друку, призначеного для їх вирішення, є актуальною науково-технічною задачею.

Метою роботи є розробка методики підвищення точності позиціонування 3D принтера із кінематикою «Дельта» в умовах адитивного виробництва.

АНАЛІЗ 3D ПРИНТЕРА ІЗ КІНЕМАТИКОЮ «ДЕЛЬТА»

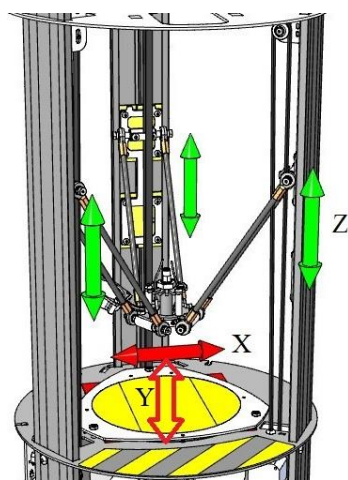


Рисунок 1. Загальний вигляд 3D принтера із кінематикою «Дельта»

На точність виготовлення виробів на 3D принтері впливає позиціонування виконавчого органу – друкуючої головки, її параметри точності можна оцінювати як відхилення від заданої траєкторії руху. У кінематиці 3D принтеру «Дельта» переміщення друкуючої головки здійснюється за допомогою трьох однакових кареток, що рухаються по вертикальних направляючих відносно осей XYZ (рис. 1).

Внаслідок цього тримач друкуючої головки, який пов'язаний з каретками за допомогою пантографічних механізмів із шарнірами, завжди розташовується

паралельно до площини стола [5].

Перевагами кінематики «Дельта» є: висока швидкість друку внаслідок переміщення по трьох координатах, низькі енерговитрати, невеликі габарити в ширину і досить велика висота, що дає можливість конструювати високі вироби. Дельта-принтер здатний розвивати швидкість переміщення друкуючої головки та друку до 300 мм/с.

До основних недоліків даної кінематики слід віднести накопичення похибки позиціонування внаслідок того, що кожна точка кріплення має свій кроковий двигун, і це в свою чергу призводить до похибок переміщення [6].

МЕТОДИКА ПОЗИЦІОНУВАННЯ

Одним з основних органів 3D-принтера є каретка з екструдером і направляючими осями. Каретка, закріплена на одній з рухомих осей 3D-принтера, і приводиться в рух за допомогою передачі руху від двигунів на вісь. Виходячи зі швидкості друку і маси каретки, можуть виникати проблеми з точним відтворенням моделі друку у зв'язку зі зміщенням друкуючої головки щодо необхідного розташування, що впливає на точність позиціонування.

Основними параметрами, які необхідно забезпечити при позиціонуванні 3D принтера із кінематикою «Дельта» є швидкість та точність друку. Жорсткість принтера із такою кінематикою не має досить важливого значення. При цьому ці параметри – швидкість та точність друку взаємопов'язані, тобто підвищення одного з них негативно впливає на інший.

При виконанні 3D-друку принтером із кінематикою «Дельта» виникають абсолютні, відносні та динамічні похибки позиціонування каретки з екструдером.

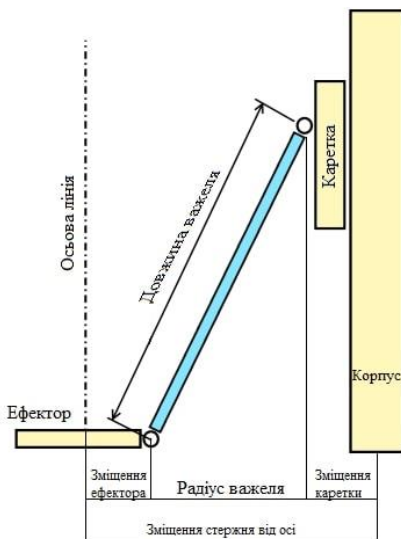


Рисунок 2. Дельта-розміри для створення математичної моделі 3D принтеру [3]

Абсолютні похибки позиціонування викликані розбіжністю ідеальної математичної моделі дельта-принтера з його реальною геометрією [3]. Їх можна звести до мінімуму ретельним юстируванням при складанні (паралельність всіх направляючих, перпендикулярність направляючих поверхні столу) і точним виміром всіх дельта-розмірів (рис. 2).

Відносні похибки викликані наявними люфтами в кінематиці принтера. Основні з них: люфт кареток відносно направляючих і люфт в шарнірах діагональних важелів [3]. Використання направляючих алюмінієвого профілю з V-пазом в парі з каретками на V-роликах і магнітними шарнірами дозволяють зменшити ці люфти до незначних величин.

Динамічні похибки проявляються при швидкому переміщенні друкуючої головки на великі відстані. При цьому головка рухається не по прямій, а по дугоподібній траєкторії. Це пов'язано з недосконалістю програмного забезпечення, що обчислює прискорення для кожної каретки [6].

Динамічні похибки відсутні при повільних переміщеннях друкуючої головки, під час яких програмний механізм прискорення відключений [3].

Для розв'язання задачі позиціонування каретки з екструдером 3D-принтера із кінематикою «Дельта» необхідно формалізувати пряму та обернену кінематичні задачі.

У прямій задачі відома позиція, в яку ми переміщуємо екструдер 3D принтера. Для цього потрібно визначити величини кутів, на які необхідно повернути двигуни, пов'язані з важелями принтера, щоб встановити його в правильне положення. Процедура визначення цих кутів називається зворотною (інверсною) кінематичною задачею [7].

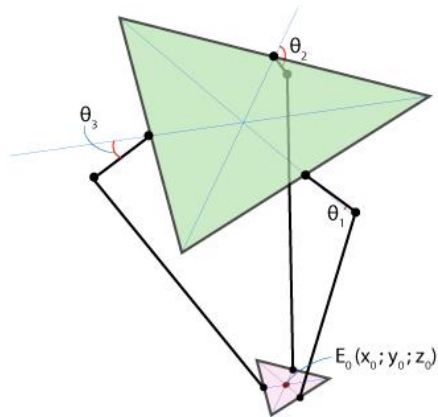


Рисунок 3. Схема представлення екструдера та столу 3D принтера у вигляді рівносторонніх трикутників [7]

У прямій кінематичній задачі вже відомі кути, і необхідно визначити місце розташування екструдера 3D принтера в просторі (наприклад, щоб скорегувати його позицію).

Формалізуємо дані задачі: нерухому нагрівну платформу 3D-принтера і його екструдер представимо у вигляді рівносторонніх трикутників, що зображені на рисунку 3. Кути повороту важелів принтеру щодо площини столу позначені як θ_1 , θ_2 і θ_3 , а точка $E_0(x_0, y_0, z_0)$ розташована в центрі рухомої платформи, де в ній закріплений екструдер.

Для визначення точності позиціонування та розв'язання кінематичних задач необхідно створити математичну модель (дві цільові функції):

$$f_{об} = (x_0, y_0, z_0) \rightarrow (\theta_1, \theta_2, \theta_3). \quad (1)$$

$$f_{пр} = (\theta_1, \theta_2, \theta_3) \rightarrow (x_0, y_0, z_0). \quad (2)$$

Таким чином, через набір параметрів, що визначають геометричні розміри дельта-принтера знаходяться залежності для оцінки похибки позиціонування.

Розроблена математична модель дозволяє визначити конструктивні характеристики 3D-принтера із кінематикою «Дельта». Для вирішення задачі підвищення точності позиціонування виконавчого органу 3D принтера із кінематикою «Дельта» використано чисельний метод Ньютонa для розв'язання системи нелінійних рівнянь прямої та зворотної кінематичної задачі. Даний метод реалізовано використанням мови програмування C++. Отримані результати дозволяють прогнозувати точність переміщення каретки з друкуючою головкою та підвищити ефективність автоматизації технологічного процесу 3D друку.

ВИСНОВКИ

Як показав аналіз 3D принтера «Дельта» його кінематика має суттєвий недолік накопичення похибки позиціонування. Запропонована методика позиціонування 3D принтера із кінематикою «Дельта» дозволяє оцінити та усунути похибки позиціонування каретка з екструдером, максимально наблизивши траєкторію переміщення до прогнозованих моделей.

Подальші дослідження дозволять підвищити точність позиціонування каретки з екструдером 3D-принтера із кінематикою «Дельта».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Новаковский А.Г., Антонюк В.С. Анализ точности формирования поверхностей деталей изготовленных на 3D-принтере // Республиканский межотраслевой производственно практический журнал. - Минск – № 3(72) – 2016. – С. 11 – 12.
- [2] Зленко М.А. Аддитивные технологии в машиностроении / М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш // пособие для инженеров. – М. ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ» 2015. 220 с.
- [3] Погрешности позиционирования в Дельта-принтере. – Режим доступа: URL: http://www.kfti.knc.ru/personal/dak/list.php?ELEMENT_ID=4851&SECTION_ID=1906 – 10.04.2021 р.
- [4] Новаковский О.Г., Рудь М.П., Антонюк В.С., Бондаренко М.О. Підвищення якості поверхонь виробів, отриманих методом 3D друку // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»: Серія приладобудування. – 2020. – Вип. № 61 (2) – С. 52 - 57. [https://doi.org/10.20535/1970.60\(2\).2020.221450](https://doi.org/10.20535/1970.60(2).2020.221450)
- [5] Кинематика Дельта. – Режим доступа: URL: http://www.kfti.knc.ru/personal/dak/list.php?ELEMENT_ID=4836&SECTION_ID=1906 – 11.04.2021 р.
- [6] Новаковский А.Г., Антонюк В.С., Петренко С.Ф. Применения пьезоэлектрических актуаторов в микроманипуляторах // Вісник Черкаського державного технологічного університету: Серія технічні науки – Черкаси.: ЧДТУ., 2017. – Вип. №. 4 – С. 5-10. – Режим доступа: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vchdtu_2017_4_3.
- [7] Кінематика дельта-робота. – Режим доступа: URL: <https://habr.com/ru/post/390281/> – 10.04.2021 р.

Наук. керівник – д.т.н., проф. Антонюк В.С.