

УДК 347.77(075.8)

Янюк Д.В., Кузнецов Ю.М.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

Нова компоновка настільного 3Д-принтера

Концепція підготовки фахівців нового типу вимагає володіння наскрізним багатоваріантним циклом творчої праці від пошуку нових принципів та ідей до розробки і впровадження в життя і виробництво нової техніки і нових технологій на основі максимальної автоматизації процесів обробки інформації і їх практичної реалізації [3]. Наприклад, фахівець з інженерної механіки повинен бути конструктором-технологом, спеціалістом широкого профілю, вільно володіти комп'ютером, сучасними методами досліджень, пошуку і прийняття оптимальних рішень, системним підходом, однією-двома іноземними мовами з широко розповсюджених (англійською, німецькою, французькою, іспанською), питаннями маркетингу, менеджменту, охорони, захисту і комерційної реалізації об'єктів права інтелектуальної власності.

96

В умовах викликів четвертої промислової революції «INDUSTRY 4.0»[4] науково-педагогічні працівники (НПП) і студенти повинні усвідомлювати ті задачі, які сьогодні ставить перед освітою, наукою і державою, яка повинна відродитися як високорозвинена, суверенна, міцна, приваблива **індустріально-аграрна держава** і відмовитися від зовнішнього впливу з намаганням перетворити її в сировинний придаток з дешевою робочою силою і збутом чужої продукції.

В умовах обмеженого фінансування і аудиторного фонду застосування малогабаритного обладнання з комп'ютерним керуванням різного призначення на модульному принципі є вигідним і економічно обгрунтованим. Виготовлення прототипів повнофункціонального малогабаритного технологічного і допоміжного обладнання можливо в КПП і навіть в ММІ при існуючому парку. Наробки по навчально-дослідній лабораторії малогабаритного обладнання з комп'ютерним керуванням різного призначення на модульному принципі були зроблені 15 років і стали практичною базою для досліджень і навчання студентів-верстатників на рівні світових вимог.

Кожний студент оволодівав практичними навичками використання комп'ютерів, систем ЧПК і сучасних програмних продуктів при закріпленні лекційного матеріалу по дисципліні «Технологічне обладнання з паралельною кінематикою».

Серед нового обладнання широко почали застосовуватися 3D-принтери, які реалізують сучасні адитивні технології. Проведені патентно-інформаційні дослідження в цьому напрямку. Компоновки 3D-принтерів, які часто використовують і є популярними, мають окремі назви, наприклад: "XZHeadYBed", "Delta", "Core XY", "H-Bot" та інші[5]. Якщо їх детальніше дослідити, то можна помітити, що переважно голова принтера (хотенд) має дві ступені вільності, а стіл - лише одну, або всі три ступені вільності надані голові (компоновка "Delta" [6]). Це робиться для того, щоб при друкуванні великих, масивних деталей не втрачалась точність. Але можна зустріти компоновки, коли уже стіл має дві ступені вільності, а голова лише одну. Знайдено лише декілька 3D-принтерів, у яких реалізовані такі рухи [7,8]. Прикладами можуть слугувати "UP!" від компанії "PP3DP" та "Thing-O-Matic" від компанії "Makerbot" (рис. 1).

97



Рис. 1. Зовнішній вигляд 3D принтера, де стіл має 2 ступені вільності: а) –принтер "UP!"; б) – принтер "Thing-O-Matic"

Компоновка зі столом, який може рухатись по координатах Z та X, до якої належить "UP!", вже випробувана декількома компаніями, на відміну від компоновок зі столом, який рухається лише у площині XY, а голова

переміщається по координаті Z (рис. 1 б). На наш погляд, вона чудово підходить для використання 3Д-принтера в автоматичній лінії, коли потрібно виготовити серію деталей. Через незмінне положення стола відносно координати Z буде простіше спроектувати конвеєр та пристрій для автоматичного вивантаження деталі з 3Д-принтера. У компанії "Makerbot" такий пристрій вже розробили. "AutomatedBuildPlatform" (рис. 2) являє собою невеликий конвеєр, який встановлюється на основний стіл. Він має липке полотно, щоб деталі прилипали до нього під час друку. Коли деталь надрукована головний стіл від'їжджає у задане положення, а потім прокручуючись, конвеєр скидає готову деталь і друк може початись знову.

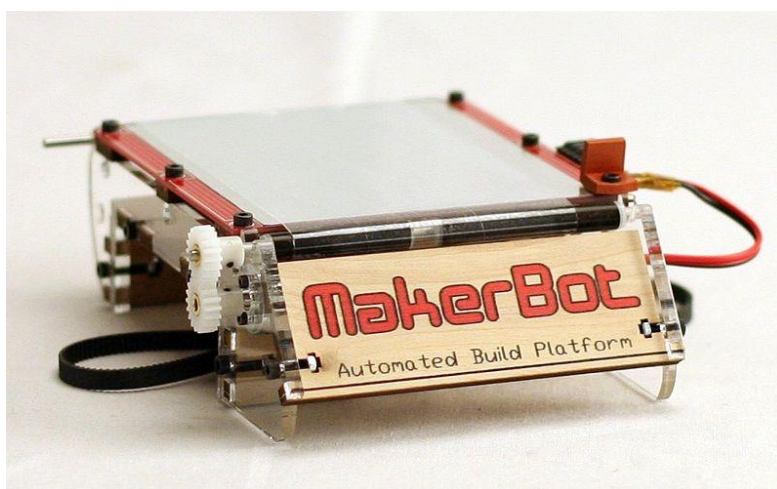


Рис. 2 AutomatedBuildPlatformfor Makerbot

Недоліком такої системи є зменшення об'єму для друку та швидкості друку, яка зменшується через те, що пристрій встановлюється на рухомий стіл, де своєю масою збільшує і без того відносно велику інерційність. Висота і спосіб кріплення в свою чергу накладають обмеження з боку габаритів виробів.

Для виготовлення малогабаритного обладнання на кафедрі конструювання верстатів та машин була розроблена конструкторська документація основного універсального модуля лінійного переміщення (рис. 3,а), який одночасно є несучою системою (НС) для малогабаритних верстатів каркасної будови, та основного універсального модуля штанги змінно-керованої довжини (рис. 3, б), де передбачається використання шарнірних

з'єднань, які кріпляться до рухомої і нерухомої частин. Основа виготовленого модуля (рис.3,а) виконана у вигляді двох циліндричних напрямних, між якими на одній осі розміщені кроковий двигун, муфта, ходовий гвинт і каретка з можливістю повздовжнього руху по цим напрямним, а система кріплення модуля виконана у вигляді двох обертових вузлів, які розміщені по обидва кінці напрямних з можливістю обертання на 180° і кріплення у будь-якій площині під будь-яким кутом. Виконання напрямних циліндричної форми зменшує їх металоємність і складність конструкції, а конструкція системи кріплення у вигляді двох обертових вузлів розширює функціональні можливості модуля. Підшипники розміщені в корпусах, які також прикріплені до напрямних. Каретка виконана цілком з капролону, що має низький коефіцієнт тертя і містить з чотирьох сторін різьбові отвори для кріплення. За допомогою даного модуля можна в короткий термін зібрати необхідну каркасну конструкцію верстата потрібних розмірів, що матиме необхідну точність і жорсткість.

При використанні різних приводів подач і напрямних для малогабаритного обладнання, в т.ч. верстатів з механізмами паралельної структури (МПС), оснащених штангами постійної або змінної довжини (рис.3,б), при обмеженій кількості модулів (рис. 4), можна створити обладнання різного призначення з різною кількістю керованих координат (рис. 5).

99

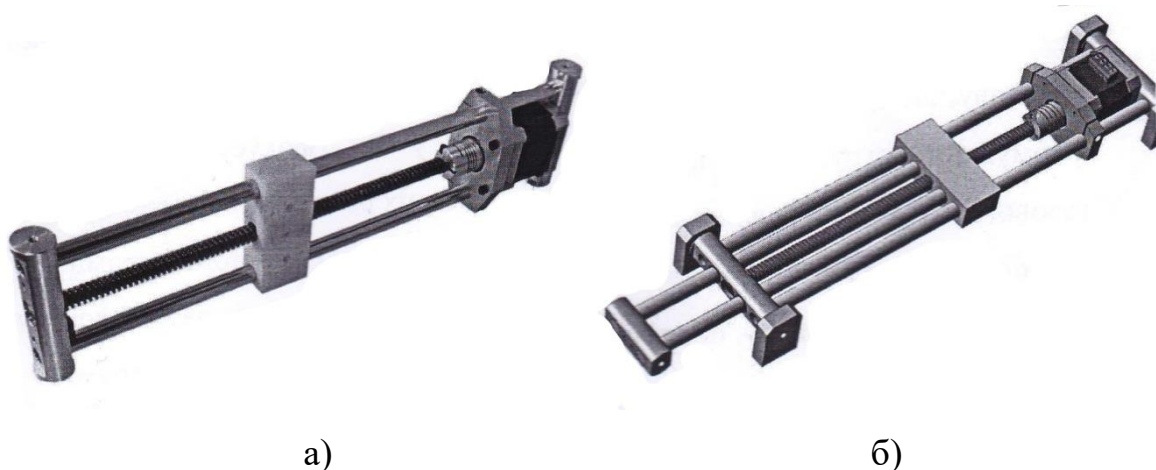


Рис. 4. Універсальні модулі лінійного переміщення для верстатів каркасних компонувань: а – незмінної довжини з рухомою кареткою (дослідний зразок); б – змінно-керованої довжини (3D-модель)

 <p>Каркас модуля лінійного переміщення</p>	 <p>Спеціально виготовлені деталі модулів</p>	 <p>Напрявні, ходові гвинти, муфти для модулів</p>
 <p>Штанги постійної довжини</p>	 <p>Каркасна несуча система</p>	 <p>Прямокутна основа і траверси</p>
 <p>Шарніри</p>	 <p>Мотор-шпindel (бормашинка)</p>	 <p>Контролер системи керування</p>

Рис. 5. Основні виготовлені модулі для малогабаритних промислових роботів, 3D-принтерів і верстатів та їх складові деталі

В набори настільного обладнання доцільно включати різні конструкції малогабаритних 3D-принтерів для порівняльних досліджень (рис. 6).

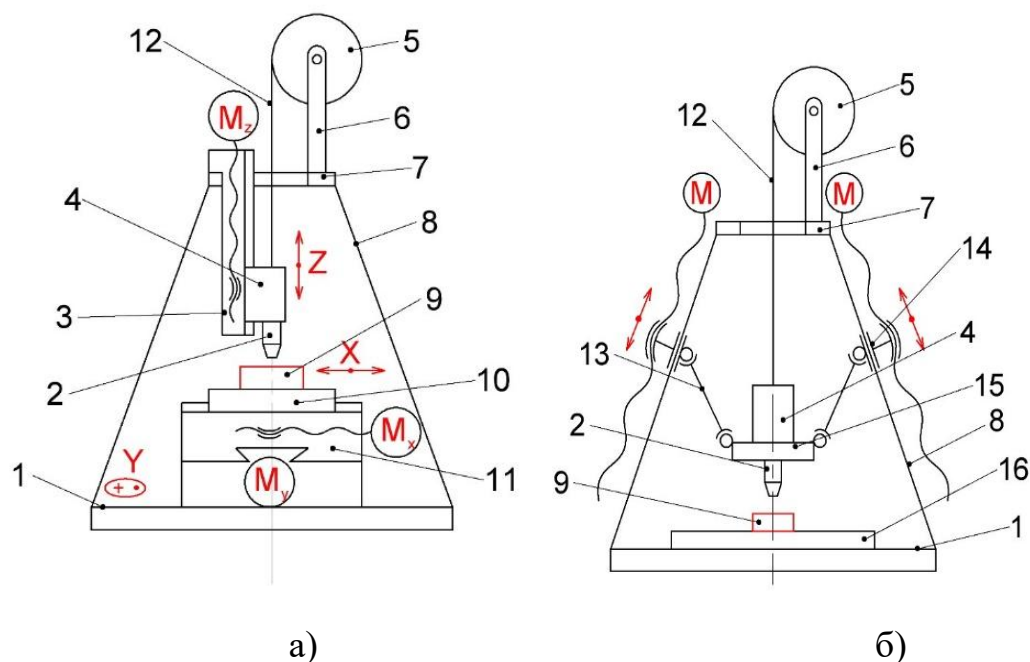


Рис. 6. Схеми 3D-принтерів на базі настільних верстатів пірамідального каркасного компонування з традиційними супортами координатних переміщень (а) і МПС типу триглайд (б): 1 – основа; 3 – насадка друкуючої головки; 3,10,11 – координатні блоки X, Y, Z; 4 – друкуюча головка; 5 – бунт; 6 – стійка; 7 – траверса; 8 – каркас; 9 – вирощуваний об’єкт; 12 – леска; 13 – штанга постійної довжини; 14 – рухома опора штанги; 15 – рухома платформа; 16 – нерухомий стіл

Тому було прийнято рішення розробити нову компоновку (рис. 7).



Рис. 7. Розроблена компоновка 3Dпринера

Розроблена компоновка зібрана із лінійних модулів переміщення, які є однаковими та кріпляться гвинтами до зварної рами. У їхній конструкції використана пара "гвинт-гайка", що знижує максимальну швидкість, але підвищує надійність. Для підвищення жорсткості по осі Z було вирішено встановити пару лінійних модулів. Такі витрати розширюють функціонал малогабаритного верстата можливістю закріплення фрезерного обладнання без зменшення точності. Хотенд кріпиться до пластини, на яку встановлюється екструдер. Так як відстань між шестернею подачі та соплом буде мінімальна, з'являється можливість друкувати м'якими типами пластику. Задля економії місця лінійний модуль координати Y був встановлений таким чином, що гайка залишається в координаті $Y_0=0$, а стіл переміщується разом із гвинтом та двигуном. Максимальні габаритні розміри верстата: 330 x 330 x 700 мм; габарити простору для друку: 180 x 200 x 120. Розміри стола 100 x 360 мм, хоча його можна просто змінити. Щоб краще зрозуміти переваги та недоліки конструкції розглянемо їх у вигляді табл.1.

Таблиця 1. Переваги та недоліки

Переваги	Недоліки
Стіл не переміщається по осі Z	Зменшені максимальні швидкості
Жорстка компоновка осі Z	Можливий вплив маси деталі на точність
Пряма подача пластикового прутка	Область друку має не правильну геометричну форму
Полегшена можливість автоматизації	
Легкий ремонт, за рахунок модульної системи	
Можливість перекваліфікації верстата	
Надійність верстата	

Висновки

1. В результаті дослідження було знайдено маловідому компоновку для 3D-принтера.

2. Розроблено малогабаритний 3D-принтер, який усуває деякі недоліки застарілої компоновки, а саме: малу жорсткість по осі Z, і забезпечує ефективне використання робочого простору, простоту складання та надійність функціонування вузлів.

Список використаних джерел

1. Кузнецов Ю.Н., Степаненко А.А. Модульный принцип создания настольных фрезерных станков, управляемых от компьютера // Вестник СевНТУ №117, Севастополь – 2011.–С. 57 -65.
2. Кузнецов Ю.М., Степаненко О.О., Манжола М.Ю. Алгоритм створення математичного апарату для керування верстатами з паралельною кінематикою. // Вісник ХНТУ №2(45), м. Херсон – 2012 - С. 33-37.
3. Кузнецов Ю.Н. Учебно-исследовательская лаборатория малогабаритных станков с компьютерным управлением на модульном принципе // Вісник ЧДТУ. Серія «Технічні науки», №1(3), Чернігів, 2016, с.15-24
4. Кузнецов Ю.Н. Вызовы четвертой промышленной революции «Индустрия 4.0» перед учеными Украины // Вестник ХНТУ, №2 (61), 2017.-с.67-75.
5. <https://www.thingiverse.com/thing:4973>
6. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Automated_Build_Platform_for_Thing-O-Matic.jpg
7. <http://www.interface.ru/home.asp?artId=36745>
8. <https://3dprinter.ua/kinematics-3d-printer/>