

ДОДАТОК А

Апробація наукових результатів дослідження

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний автомобільно-дорожній університет



**КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ
АВТОМАТИЗАЦІЇ
ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ
НА ТРАНСПОРТІ ТА У ВИРОБНИЦТВІ**

**МАТЕРІАЛИ
ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ І МОЛОДИХ
УЧЕНИХ**

20 листопада 2024 р.

Харків 2024

УДК 004:629:656:658

Комп'ютерно-інтегровані технології автоматизації технологічних процесів на транспорті та у виробництві. Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених. – Харків, ХНАДУ, 2024. – 386 с.

ОРГКОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

Голова

Богомолов В.О., проф., Україна, Харків

Заступники голови

Дмитрієв І. А., проф., Україна, Харків

Ефименко О.В., проф., Україна, Харків

Гурко О.Г. проф., Україна, Харків

ОРГАНІЗАТОР КОНФЕРЕНЦІЇ

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна.

ЧЛЕНИ ОРГКОМІТЕТУ

Vera Tyrsa, PhD, Autonomous University of Baja California, Mexico

Безкоровайний В.В., проф., Україна, Харків, ХНУРЕ

Бушусєв С.Д., проф., Україна, Київ, КНУБА

Гавриленко В.В, проф., Україна, Київ, НТУ

Годлевський М.Д., проф., Україна, Харків, НТУ «ХП»

Лобур М.В., проф., Україна, Львів, НУ «Львівська політехніка»

Невлюдов І.Ш., проф., Україна, Харків, ХНУ-РЕ

Нефьодов Л.І. проф., Україна, Харків, ХНАДУ

Петренко Ю.А., проф., Україна, Харків, ХНАДУ

Тимчук С. О., проф., Україна, Суми, СумДУ

Харченко В.С., проф., Україна, Харків, НАУ «ХАІ»

Чернов С.К., проф., Україна, Миколаїв, НУК

© ХНАДУ, 2024

ВИКОРИСТАННЯ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ПУХЛИН МОЗКУ Ейдлін Р.В., Колесник Л.В.	157
ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ СУБД У PYTHON- ПРОЄКТАХ Запорожцев Д.С., Запорожцев М.С.	162
РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ СКЛАДСЬКИМ ОБЛІКОМ Зуєнко Е.М., Абраменко І.Г.	166
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ З ВИКОРИСТАННЯМ АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ Ключко О.В., Безкоровайний В.В.	169
АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМ ПОШУКУ ТРАЄКТОРІЙ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ Коваленко Д.О.	174
РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ВОДОПОСТАЧАННЯМ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ Котляренко А.В., Абраменко І.Г.	179
РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ХЛІБОПЕКАРСЬКИМ ВИРОБНИЦТВОМ Кравченко Р.Г., Абраменко І.Г.	183
ВИБІР СУБД ДЛЯ СТВОРЕННЯ CRM ТРАНСПОРТНОЇ КОМПАНІЇ Кононихін О.С., Ксенофонтов Є.Р.	186
ІНТЕГРАЦІЯ КАТАЛОГУ ДОРОЖНЬО-БУДІВЕЛЬНОЇ ТЕХНІКИ В СИСТЕМУ УПРАВЛІННЯ ЗАПАСАМИ Кононихін О.С., Мірошніченко Д.В.	190
АКТУАЛЬНІСТЬ СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОГО КОНТРОЛЮ ЗА ДОТРИМАННЯМ СТРАХОВИХ ЗОБОВ'ЯЗЕНЬ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ АВТОМОБІЛЬНИХ НОМЕРІВ Кононихін О.С., Спасьонов К.С.	194
ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ІНТЕГРАЦІЇ RTK-НАВІГАЦІЇ В АСФАЛЬТОУКЛАДАЧАХ CATERPILLAR, VÖGELE ТА DYNAPAC Кудінов Є.О.	197
МОДЕЛЬ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПОШУКОВОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ВИБОРУ МУЛЬТИМЕДІЙНИХ ЗАСОБІВ У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ Купцова А.В.	201

УДК 621.3.095.2

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ З
ВИКОРИСТАННЯМ АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ***Ключко О. В., Безкорвайний В. В.**Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків*

Сучасні виробничі комп'ютерно-інтегровані технології (КІТ) поєднують САД (комп'ютерне проектування), САМ (комп'ютерне виробництво), САЕ (комп'ютерний інженерний аналіз) і САС (автоматизоване складання) продукції. Поєднання всіх складових КІТ дозволяє створити єдиний інформаційний простір, де можна відстежувати кожен етап виробництва, забезпечуючи прозорість, прогнозованість та надійність роботи. Однією з нових сфер застосування таких технологій є адитивне виробництво на основі 3D-друку. Воно дозволяє вже на етапі проектування оптимізувати модель, достатньо точно визначати структуру та властивості виробу, а також протестувати його ще до початку виробництва. САМ-системи надають можливість програмувати принтери для максимально ефективного друку, регулюючи параметри процесу, щоб забезпечити точність, повторюваність та відповідність проекту. Важливе значення в технологіях 3D-друку має автоматизація контролю якості виробів. Використовуючи системи зворотного зв'язку та моніторингу можна в реальному часі виявляти й коригувати відхилення у процесі 3D-друку, уникати дефектів і знижувати рівень відходів. Автоматизовані системи дозволяють швидко та точно адаптувати виробничі процеси до індивідуальних потреб, що підходить для масової кастомізації та серійного виробництва з індивідуальними налаштуваннями [1-3].

У процесі оптимізації вектора параметрів технології 3D-друку α враховується множина параметрів якості виробів (деталей): роздільна здатність (Resolution) $k_1(\alpha) \rightarrow \min$ (визначається розміром шару, який може бути надрукований); точність (Accuracy) $k_2(\alpha) \rightarrow \min$ (міра того, наскільки точно друкована деталь відповідає оригінальній моделі); шорсткість поверхні

(Surface Roughness) $k_3(\alpha) \rightarrow \min$ (міра нерівності поверхні деталі); міцність та витривалість (Strength and Durability) $k_4(\alpha) \rightarrow \max$ (наскільки добре друкована деталь витримує навантаження та довготривале використання); деталізація (Detailing) $k_5(\alpha) \rightarrow \min$ (відображає можливість відтворення деталей з високою точністю і збереженням найменших деталей і текстур); економічність (Economy) $k_6(\alpha) \rightarrow \min$ (витрати на виготовлення деталі) тощо.

Для досягнення високої якості деталей, важливо правильно налаштувати параметри друку α , вибрати відповідний матеріал, використовувати якісну модель та забезпечувати належний догляд за друкарським пристроєм. При цьому, на практиці задаються обмеження на параметри якості виробу $k_l(\alpha) \leq k_l^*$ чи $k_l(\alpha) \geq k_l^*$ (де k_l^* – задане граничне значення параметра l) та намагаються знайти їх найкращу компромісну комбінацію [4-5]:

$$P(\alpha) = \sum_{l=1}^m \lambda_l \bar{k}_l(\alpha) \rightarrow \max_{\alpha}, \quad (1)$$

де $P(\alpha)$ – узагальнена оцінка якості виробу; m – кількість параметрів, обраних для оцінки виробу; λ_l – ваговий коефіцієнт l -го параметра виробу, $\lambda_l \geq 0$, $l = \overline{1, m}$, $\sum_{l=1}^m \lambda_l = 1$; $\bar{k}_l(\alpha)$ – нормоване значення або значення функції корисності l -го параметра.

Для визначення залежностей між вхідними параметрами 3D-технології α і характеристиками виробів $k_l(\alpha)$ необхідно провести серію експериментальних досліджень. Дослідження передбачають зміну наборів вхідних параметрів α , збір інформації про отримані характеристики виробів $k_l(\alpha)$ та аналіз отриманих результатів.

У процесі проведення досліджень було обрано деталь типу шестигранник (рис. 1). 3D-моделювання деталі було виконано у середовищі SolidWorks, а результати для подальшої обробки слайсером збережено у форматі .stl.

Усього було проведено 8 експериментів (створено 8 зразків деталі) з різними налаштуваннями слайсера (табл. 1). При цьому змінювалися такі вхідні параметри: товщина перекриття δ_1 (варіювалася від 0.5 мм до 3 мм); товщина бокової поверхні δ_2 (варіювалася від 0.5 мм до 5 мм); швидкість друку V (варіювалася від 30 мм/с до 60 мм/с) (табл. 2).

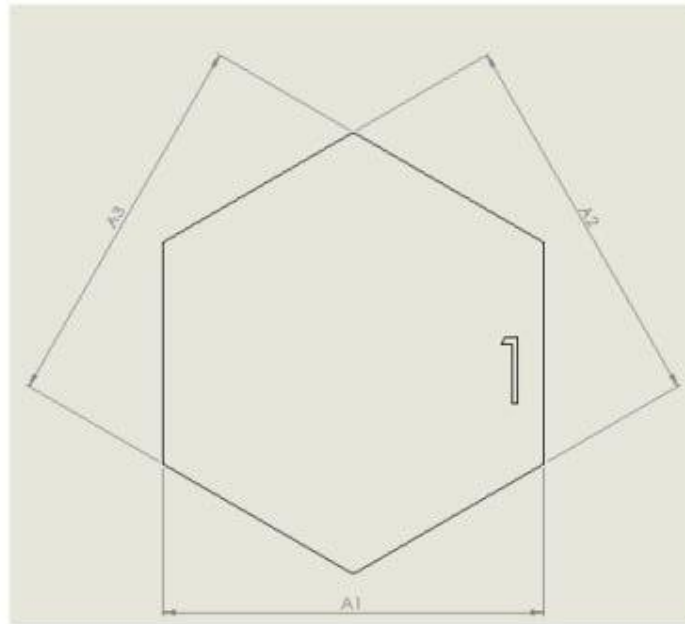


Рисунок 1 – Ескіз досліджуваної деталі-шестигранника

Таблиця 1 – Запропонований варіант плану експерименту

№	Кодові значення коефіцієнтів при невідомих							
	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1, x_2	x_1, x_3	x_2, x_3	x_1, x_2, x_3
1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1
2	1	1	-1	-1	-1	1	-1	1
3	1	-1	1	-1	-1	-1	1	1
4	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1
5	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1
6	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1
7	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1
8	1	1	1	1	1	1	1	1

Таблиця 2 – Значення параметрів деталі

Параметр	Номер дослід (зразка)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
δ_1 , мм	0.5	3	0.5	3	0.5	3	0.5	3
δ_2 , мм	0.5	0.5	5	5	0.5	0.5	5	5
V , мм/с	30	30	30	30	60	60	60	60

Для спрощення розрахунків і аналізу плану експерименту вхідні величини представлені у кодованій шкалі. Результати вимірювань подано в табл. 3 (де R_a – середнє арифметичне відхилення профілю).

Таблиця 3 – Результати експериментів

Вихідний параметр	Номер дослід (зразка)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
R_a , мкм	6,20	22,11	9,81	9,00	4,30	2,76	4,93	6,21
A_1 , мм	20,45	20,45	20,41	20,45	20,45	20,46	20,06	20,41
A_2 , мм	20,37	20,32	20,32	20,38	20,26	20,28	20,47	20,35
A_3 , мм	20,08	20,16	20,04	20,00	20,02	20,01	20,11	20,00

За даними табл. 3 отримано залежності в кодованій шкалі для вимірювання змінних:

$$R_a = 8.17 + 1.85x_1 - 0.68x_2 - 3.61x_3 - 1.74x_1x_2 + 1.7x_2x_3 - 1.92x_1x_3;$$

$$A_1 = 20.39 + 0.05x_1 - 0.06x_2 - 0.05x_3 + 0.05x_1x_2 - 0.05x_1x_3 + 0.04x_2x_3;$$

$$A_2 = 20.34 - 0.01x_1 + 0.04x_2 - 0.003x_3 - 0.003x_1x_2 + 0.03x_1x_3 - 0.01x_2x_3;$$

$$A_3 = 20.05 - 0.01x_1 - 0.01x_2 - 0.02x_3 - 0.003x_1x_2 + 0.03x_1x_3 - 0.02x_2x_3.$$

Подамо оцінки впливу швидкості 3D-друку на точність отриманого розміру деталі в натуральній шкалі виміру:

$$A_1 = 20.6 + 0.105\delta_1 - 0.0089\delta_2 - 0.00299V + 0.0178\delta_1\delta_2 - 0.00213\delta_1V - 0.0148\delta_2V;$$

$$A_2 = 20.4 - 0.0197\delta_1 - 0.0199\delta_2 - 0.0018V + 0.0013\delta_1\delta_2 - 0.00053\delta_1V + 0.00089\delta_2V;$$

$$A_3 = 20.01 - 0.0693\delta_1 - 0.0258\delta_2 - 0.02V + 0.0107\delta_1\delta_2 - 0.00107\delta_1V + 0.00089\delta_2V.$$

Аналогічним способом було отримано співвідношення для оцінки впливу режимів 3D-друку на шорсткість поверхонь деталей.

Проведені експериментальні дослідження дозволили встановити зв'язок між режимами 3D-друку і геометричними параметрами отриманих деталей. Виявлено, що вхідні параметри, такі як швидкість друку, товщина перекриття та бокової поверхні, мають суттєвий вплив на якість та точність виготовлених деталей. За результатами проведених досліджень були визначені оптимальні значення цих параметрів.

Література:

1. Jevtić, I., Mladenović, G., Milošević, M., Trajković, I., Travica, M., Milovanović, A., & Stojmanovski, V. (2021). Additive technology design for 3D printing and application to fast product development. In International Conference of Experimental and Numerical Investigations and New Technologies" CNN TECH 2021"-Book of Abstracts (pp. 57-57).
2. Nevlyudov, I., Nikitin, D., Bliznyuk, D., Gurin, D., Razumov-Frizyuk, E., Sagittarius, E. (2020). Production of printed circuit boards using 3D printing technologies. Collection of scientific works of the National University of Shipbuilding named after Admiral Makarov, 4 (482).
3. Грицюк В. Ю., Невлюдов І. Ш., Цимбал О. М. (2022). Удосконалення конструкції вузла екструдера мобільної робототехнічної платформи для 3D-друку великомасштабних структур. Вісник східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля, (5 (275)), 28-34.
4. Beskorovainyi V., "Combined method of ranking options in project decision support systems", Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries, no 4 (14), pp.13-20, 2020.
5. V. Bezkorovainyi, L. Kolesnyk, V. Gopejenko and Kosenko V., "The method of ranking effective project solutions in conditions of incomplete certainty", Advanced Information Systems, v. 8, no 2, pp. 27–38.

ДОДАТОК Б

Лістинг коду програми

```
import serial

import time

# Налаштування порту

printer = {"port": "COM3", "baudrate": 115200, "timeout": 2}

# Команди G-кодів

gcode_commands = [

    "G28 ; Home all axes", # Команда для повернення всіх осей в початкове
положення

    "G1 X50 Y50 Z10 F3000 ; Move to position", # Переміщення вказаного
положення

    "M84 ; Disable motors", # Вимкнення двигунів

]

try:

    # Підключення до порту

    with serial.Serial(printer["port"], printer["baudrate"],
timeout=printer["timeout"]) as ser:

        print(f"Підключення до {printer['port']}...")
```

```
time.sleep(2) # Час на встановлення з'єднання
```

```
# Відправлення привітального повідомлення для Pronterface
```

```
ser.write(b"ok\n")
```

```
print("Відправлено: ok")
```

```
# Відправлення команд G-кодів
```

```
for command in gcode_commands:
```

```
    ser.write(f"{command}\n".encode())
```

```
    print(f"Відправлено: {command}")
```

```
    time.sleep(0.5) # Затримка між командами
```

```
except Exception as e:
```

```
    print(f"Помилка: {e}")
```

ДОДАТОК В

Демонстраційний матеріал

