

**АВТОМАТИЗАЦІЯ ОПЕРАЦІЙ СВЕРДЛІННЯ У ЕПОХУ  
INDUSTRY 4.0**

Ключник Є.С.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Бронніков А.І.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. КІТАР  
м. Харків, Українаe-mail: [yevheniia.kliuchnyk@nure.ua](mailto:yevheniia.kliuchnyk@nure.ua)

This work is devoted to modern approaches of Industry 4.0 for drilling operations and for finding the shortest route of moving a drill for numerically controlled machines by solving the traveling salesman problem. Clarke and Wright's method provided significant progress in the solutions of this task. The initial situation assumes that each location is provided separately, and there is always a return to the starting base. The main idea is based on the calculations of the savings achieved by integrating other places into the ring route.

Виробництво друкованих плат – це проектування, виготовлення та монтаж електронних схем на платі з ізоляційного матеріалу. Плати є ключовими компонентами електронних пристроїв, оскільки вони забезпечують механічну підтримку, електричні з'єднання та передачу сигналу між електронними компонентами.

Термін Industry 4.0 означає впровадження нових технологій у виробничий процес. Ця революція передбачає використання автоматизації, AI (штучний інтелект, ШІ) та IoT (інтернет речей, ІР) для підвищення продуктивності, ефективності та якості. Інтеграція цих технологій у виробництво призвела до значної трансформації галузі, включаючи виробництво друкованих плат. Автоматизація передбачає використання машин і роботів для виконання завдань, які раніше виконували люди. У виробництві друкованих плат автоматизовані машини використовуються для процесів свердління, фрезерування та покриття, що забезпечує високу точність і швидкість виробництва.

Навпаки, ШІ використовує алгоритми та комп'ютерні програми для виконання дій, які вимагають людського інтелекту. У виробництві друкованих плат ШІ використовується для контролю якості, розміщення компонентів і маршрутизації. Використання штучного інтелекту призвело до зменшення кількості помилок, підвищення точності та швидшого часу виробництва.

IoT передбачає взаємозв'язок пристроїв і датчиків для забезпечення моніторингу та аналізу виробничих процесів у реальному часі. У виробництві друкованих плат IoT використовується для контролю якості, прогнозного обслуговування та управління ланцюгом поставок. IoT

підвищив ефективність, скоротив час простою та покращив контроль якості.

Використання автоматизації у виробництві друкованих плат принесло значні переваги галузі. По-перше, це призвело до підвищення продуктивності та ефективності. Автоматизовані машини можуть виконувати завдання швидше й точніше, ніж люди, збільшуючи продуктивність і знижуючи витрати. Крім того, автоматизація зменшила ризик людської помилки, що призвело до покращеного контролю якості.

Кілька етапів виробництва друкованих плат можуть бути автоматизовані, включаючи свердління, маршрутизацію, покриття та перевірку. Автоматичні свердлильні верстати можуть свердлити тисячі отворів за хвилину, забезпечуючи точне та точне розташування отворів. Автоматичні фрезерні машини можуть швидко й точно маршрутизувати складні та заплутані візерунки. Автоматизовані машини можуть наносити високоточний матеріал покриття, забезпечуючи стабільну товщину та покриття. Автоматичні інспекційні машини використовують технологію комп'ютерного зору для виявлення дефектів друкованих плат, покращуючи контроль якості.

Використання автоматизації у виробництві друкованих плат значно підвищило продуктивність, ефективність і контроль якості. Одним із прикладів ШІ у виробництві друкованих плат є використання алгоритмів машинного навчання для оптимізації процесу свердління. Алгоритми машинного навчання можуть визначати оптимальні налаштування для свердління різних типів друкованих плат, аналізуючи дані про швидкість, глибину та температуру свердління. Це призводить до підвищення ефективності та зменшення відходів.

Використання ШІ у виробництві друкованих плат значно підвищило ефективність, точність і економічність. Алгоритми ШІ можуть аналізувати великі обсяги даних і надавати інформацію, яку людям важко ідентифікувати. Приклади застосування ШІ у виробництві друкованих плат включають оптимізацію процесу свердління та виявлення дефектів за допомогою технології комп'ютерного зору.

#### Список використаних джерел:

1. Ключник Є.С. Аналіз систем автоматизованого свердління у Industry 4.0 / Є.С. Ключник //Автоматизація та Приладобудування («Automation and Development of Electronic Devices» ADED-2023) [Електронний ресурс] : збірник студентських наукових статей / Харківський національний університет радіоелектроніки; [редкол.: І.Ш. Невлюдов та ін.]. – Харків : ХНУРЕ, 2023. – Вип. 2. – 408с.

2. The Impact of Industry 4.0 on PCB Production: Automation, AI, and IoT[Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.rocket-pcb.com/the-impact-of-industry-4-0-on-pcb-production-automation-ai-and-iot>