

**Чінкує Камелія**  
студентка кафедри комп'ютерних технологій  
у видавничо-поліграфічних процесах  
Інститут поліграфії та медійних технологій  
НУ «Львівська політехніка», м. Львів, Україна  
ORCID: 0009-0009-4932-0973

## ЦИФРОВІ ДВІЙНИКИ ЯК ІНСТРУМЕНТ ОПТИМІЗАЦІЇ РОБОТИ ПІДПРИЄМСТВ ОПЕРАТИВНОЇ ПОЛІГРАФІЇ

Сучасний ринок поліграфічних послуг все більше орієнтується на модель «друку на вимогу» (Print-on-Demand). Для невеликих підприємств це означає потребу виконувати багато дрібних замовлень у короткі терміни. В таких умовах будь-яка зупинка обладнання або помилка в макеті призводить до збитків. Тому впровадження нових методів контролю стану техніки та автоматизації бізнес-процесів є важливим.

Найдоцільнішим рішенням такої задачі є створення цифрового двійника друкарської лінії. За допомогою датчиків, встановлених на принтерах чи офсетних машинах, можна збирати дані про температуру вузлів, швидкість подачі паперу та рівень витратних матеріалів. Це дозволяє переходити від ремонту за графіком до ремонту за фактичним станом [1, с. 45].

Для оцінки надійності роботи обладнання у системі цифрового двійника прийнято рішення застосувати модель розрахунку ймовірності безвідмовної роботи(1):

$$P(t) = e^{-\lambda t} \quad (1)$$

де  $\lambda$  - інтенсивність відмов, що визначається на основі даних контролю стану датчиків;  $t$  - час роботи обладнання [1, с. 4].

Використання цієї моделі дозволяє менеджеру вчасно бачити, коли машина може вийти з ладу, і не брати термінові замовлення, які не вдасться виконати вчасно. Це робить бізнес-модель підприємства більш стійкою.

Окрім контролю заліза, цифрова трансформація торкається і взаємодії з клієнтом. Тут корисними стають технології доповненої реальності (AR). На невеликих підприємствах часто виникають суперечки щодо того, як виглядатиме готовий виріб. AR дозволяє накласти цифровий макет на реальний об'єкт (наприклад, віртуальну етикетку на фізичну пляшку) ще до початку друку. Це зменшує кількість браку та витрати паперу на пробні зразки [2, с. 1792].

Економічна доцільність впровадження проаналізованих інструментів цифрової трансформації полягає в переході до проактивного управління ресурсами малого підприємства. Використання цифрового двійника дозволяє оптимізувати закупівлю витратних матеріалів, уникаючи надлишкових запасів на складі, що вивільняє обігові кошти. Водночас інтеграція AR-технологій у процес взаємодії з клієнтом скорочує витрати часу на переддрукарську підготовку та погодження дизайну [3, с. 301]. Це дозволяє підприємству збільшити кількість оброблених замовлень за одиницю часу без розширення штату працівників. Такий системний підхід забезпечує гнучкість бізнес-моделі, дозволяючи малій друкарні ефективно конкурувати з великими поліграфічними комплексами за рахунок швидкості та індивідуального підходу до кожного замовлення.

Таким чином, використання віртуальних моделей для контролю техніки та засобів доповненої реальності для роботи з замовленнями підвищує загальну ефективність малих друкарень. Впровадження таких рішень створює базу для адаптації бізнес-процесів до вимог сучасної цифрової економіки та зміцнює позиції підприємства на ринку.

### Список використаних джерел

1. Tao F., Zhang M., Nee A. Y. C. Digital Twin Driven Smart Manufacturing. Academic Press, 2019. 280 p.
2. Park K. T. Digital twin-based cyber physical production system architectural framework for personalized production / K. T. Park, S. J. Im, S. D. Kang et al. // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2020. Vol. 106, No. 5. P. 1787-1810.
3. Чінкує К. Імітаційний цифровий двійник поліграфічної установки з інтелектуальними алгоритмами. *Молодіжна наука: інновації та глобальні виклики*. №2, 2025. С. 300-302.

**Науковий керівник:** к.т.н., проф. кафедри комп'ютерних технологій у видавничо-поліграфічних процесах, Нерода Т.