

безпрецедентний рівень точності в оцінці залишкового терміну служби (RUL) критично важливих компонентів. Хоча впровадження ЦБ вимагає значних інвестицій у кібербезпеку, обчислювальну інфраструктуру та розробку високоточних моделей, переваги у вигляді зниження експлуатаційних витрат, мінімізації простоїв та, головне, істотного підвищення безпеки експлуатації, роблять цю технологію ключовим напрямком розвитку сучасного автомобілебудування та галузі транспорту в цілому.

## Література

4. Grieves, M. W. (2014). Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication. White Paper. Florida Institute of Technology.

5. Tao, F., Zhang, H., Liu, F., & Nie, L. (2018). Digital Twin Driven Manufacturing Innovation and Practice. Journal of Manufacturing Systems, 48(B), 1-13.

УДК 658.5

## МОЖЛИВОСТІ МОДЕРНІЗАЦІЇ МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВ УКРАЇНИ ЗА РАХУНОК ВПРОВАДЖЕННЯ ІНДУСТРІЇ 4.0

**Болдовський Володимир Миколайович**, к.т.н., доцент кафедри Технології машинобудування і ремонту машин  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,  
e-mail: v.boldovskyi@khai.edu, ORCID: [0009-0008-5069-756X](https://orcid.org/0009-0008-5069-756X)

Машинобудування є ключовою галуззю промисловості України, що формує технічну базу для більшості секторів економіки – транспорту, енергетики, сільського господарства, оборонного комплексу. Проте більшість підприємств функціонує на застарілому обладнанні, із низьким рівнем автоматизації та недостатньою цифровізацією управління виробництвом [1].

В умовах глобальної конкуренції та технологічних змін актуальною є потреба у модернізації машинобудівних підприємств на засадах Індустрії 4.0, що передбачає поєднання фізичного та цифрового середовищ виробництва в єдину інтегровану систему [2, 3].

Індустрія 4.0 – це нова парадигма розвитку промисловості, що базується на взаємодії кіберфізичних систем, інтернету речей (IoT), штучного інтелекту (AI), великих даних (Big Data), хмарних сервісів, робототехніки та адитивних технологій.

Основні напрями впровадження Індустрії 4.0 у машинобудуванні включають: цифрове проектування (CAD/CAM/CAE), інтернет речей (IoT), кіберфізичні системи, штучний інтелект, 3D-друк і адитивне виробництво, віртуальна та доповнена реальність (VR/AR).

Аналіз показує, що більшість українських машинобудівних підприємств мають фізично та морально зношене обладнання (ступінь зносу понад 60–70 %), слабку інтеграцію виробничих систем із цифровими технологіями, недостатній рівень підготовки персоналу у сфері цифрових компетентностей, обмежені фінансові ресурси для інвестицій у модернізацію, відсутність чіткої державної стратегії цифрової трансформації промисловості.

Проте існують позитивні приклади часткового впровадження Індустрії 4.0 – на підприємствах оборонного, транспортного та енергетичного машинобудування (наприклад, використання 3D-моделювання та CNC-технологій на підприємствах «Мотор Січ», КБ «Південне», «Електроважмаш»).

Впровадження Індустрії 4.0 дозволяє підприємствам досягти таких переваг:

- ✓ Підвищення ефективності виробництва – скорочення простоїв, зменшення браку, оптимізація витрат ресурсів.

- ✓ Гнучкість і кастомізація продукції – можливість швидкої переналаштування виробничих ліній.

- ✓ Покращення якості управління – завдяки цифровим «двійникам» підприємства та аналітиці великих даних.

- ✓ Інтеграція ланцюгів постачання – об'єднання постачальників і споживачів в єдину інформаційну екосистему.

- ✓ Розвиток нових бізнес-моделей – сервісне машинобудування, дистанційне обслуговування, predictive maintenance.

Для України впровадження Індустрії 4.0 може стати інструментом технологічного прориву, підвищення конкурентоспроможності та залучення інвестицій.

Основні напрями модернізації машинобудівних підприємств:

1. Створення цифрових моделей підприємств (Digital Twin) – моделювання технологічних процесів і потоків ресурсів.

2. Автоматизація технологічних ліній – впровадження роботизованих систем обробки, складання та контролю.

3. Впровадження систем ERP, MES, SCADA – для управління виробничими, матеріальними та енергетичними потоками.

4. Переоснащення парку обладнання – використання ЧПК-верстатів, 3D-друку, лазерного різання.

5. Навчання персоналу – підготовка інженерів нової генерації з компетенціями у сфері цифрових технологій.

6. Кооперація з науковими установами – для спільної розробки цифрових рішень та інноваційних технологій.

## Висновки

Модернізація машинобудівних підприємств України в контексті Індустрії 4.0 є ключовою умовою підвищення конкурентоспроможності на світовому

ринку. Впровадження цифрових технологій, автоматизації та інтелектуальних систем управління дозволить суттєво скоротити витрати, покращити якість продукції та створити передумови для сталого розвитку промисловості.

## Література

1. Бондаренко С. М. Система "Бережливе виробництво плюс шість сигм" як інструмент підвищення якості бізнеспроцесів та сталого розвитку підприємства / Бондаренко С. М. Науково-практичний журнал «Інвестиції: практика та досвід». – Чорноморський національний університет імені Петра Могили : ТОВ «ДКС Центр». 2022. Вип. 17. – С. 62-67.

2. Яковенко І. Е. Технологічні основи машинобудування: навчальний посібник для студентів спеціальностей 131 – Прикладна механіка, 133 – Галузеве машинобудування / І. Е. Яковенко, О. А. Пермяков, А.В. Фесенко – Харків: НТУ «ХП», 2022. – 421с.

3. Технологічні основи машинобудування. [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка»; 133 «Галузеве машинобудування» / Ю.М. Малафєєв; КПІ ім. Ігоря Сікорського. - Електронні текстові дані (1 файл: 6,68 Мбайт). - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 201 с.

УДК 621.791.927.7

## УДОСКОНАЛЕННЯ ПЛАЗМОТРОНА ДЛЯ НАПЛАВЛЕННЯ ЗНОСОСТІЙКИХ, ФРИКЦІЙНИХ ТА ІНШИХ СПЕЦІАЛЬНИХ ПОКРИТТІВ

**Бучко Ігор Олександрович**, викладач

Житомирський агротехнічний фаховий коледж

e-mail: mc120.buchko@gmail.com

**Добранський Сергій Станіславович**, викладач

Житомирський агротехнічний фаховий коледж

e-mail: 1988dobran.105@ukr.net, ORCID: 0000-0003-2746-1336

Стрімкий прогрес у сфері електроплазмових технологій висуває підвищені вимоги до конструкції плазмотронів. Для кожного конкретного технологічного процесу необхідна спеціально розроблена модель плазмотрона, яка забезпечує оптимальний техніко-економічний результат.

Сучасні плазмотрони мають як переваги, так і недоліки. Основною проблемою є зношування плазмоутворювального сопла через порушення процесу наплавлення, коротке замикання на оброблювану деталь, а також значна ерозія або підгоряння вольфрамового електрода. Перспективним рішенням є плазмотрони з розподіленою дугою, які значно подовжують термін служби анодного сопла, дозволяють збільшити потужність плазмового