

УДК 681.518.3.01

Василенко О.В.<sup>1</sup>, Сніжної Г.В.<sup>2</sup>, Зайцев І.Д.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> д-р. техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>3</sup> студ. гр. БК-310 НУ «Запорізька політехніка»

## **МЕХАТРОНІКА ЯК ОСНОВА КІБЕРФІЗИЧНИХ СИСТЕМ**

Як відомо, мехатронна система – це синергетична комбінація механіки, енергетичної та інформаційної електроніки для скоординованого руху в робототехнічних системах. Маніпулятори, роботи, пристрої адитивних технологій (3D-принтери, наприклад), навіть більшість верстатів з ЧПК (комп'ютерне числове керування) є в основному мехатронними системами.

Передові мехатронні системи включають інтелектуальні датчики, які використовують технології Інтернету речей (IoT) або промислового Інтернету речей (IIoT) для передачі відповідних даних до систем керування, SCADA, інтерфейсів людина-машина (НМІ) та інших цифрових платформ. З

переходом до технології четвертої промислової революції, так званої Industry 4.0 (I4.0) [1], ці датчики почали надсилати дані для створення Digital Twin, для машинного навчання, для аналізу великих даних для прийняття рішень за допомогою штучного інтелекту та хмарних сервісів.

Оцифровка продуктів (автомобілів, побутової техніки), підприємств, організацій, інфраструктури робить їх більш автономними [2]. Вплив на ці об'єкти інформаційних технологій, зокрема IoT, плюс повна автоматизація та використання модельного підходу перетворює їх на кіберфізичні системи (CFS). Можна сказати, що CPS поєднує фізичний і віртуальний світи.

У CFS процеси реального світу відбуваються майже паралельно з процесами віртуального світу. Іноді ці процеси випереджають один одного, наприклад, при прогнозному аналізі віртуальна модель CFS попереджає про аномальну поведінку контрольованого фізичного об'єкта.

Цифрове виробництво [3], яке є CFS і основним драйвером I4.0, базується на роботизованих системах, які керуються CAM (Computer-aided Manufacturing) і CADAM (Computer-augmented Design and Manufacturing). Дані процесів надсилаються до цифрових платформ SAP (системні додатки та продукти в обробці даних), які надсилають дані до хмарних служб для обробки, прогнозування та планування. SAP включає спеціалізоване прикладне програмне забезпечення: ERP – Enterprise Resource Planning, MES – Manufacturing Execution Systems, QMS – Quality Management Systems, CRM – Customer Relationship Management) тощо.

Модель цифрового виробництва у вигляді CFS з мехатронними підсистемами має п'ять ієрархічних рівнів. Два нижніх рівня тяжіють до фізичного світу, і, власне, до виробничих процесів, два верхніх рівні більш актуальні для віртуального світу, вони використовуються для автоматизації бізнес-процесів.

На середньому (третьому) рівні зв'язок віртуального і фізичного світів здійснюється шляхом тотальної інтеграції та автоматизації (TIA). Портал TIA поєднує дані на всіх рівнях і перетворює завод / організацію / підприємство в CFS.

Аналіз сучасних мехатронних систем і технологій I4.0 показав, що мехатронні системи є основою кіберфізичних систем і забезпечують роботу з фізичними активами з передачею даних для створення віртуального Digital Twin з використанням технологій IIoT. Таким чином, у мехатронних системах, які входять як базові підсистеми CFS, роль IT-технологій більш значна. Апаратне забезпечення таких мехатронних систем також змінилося, щоб забезпечити повну автоматизацію та інтеграцію на основі Інтернету речей.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Vasylenko O. Design of information and measurement systems within the Industry 4.0 paradigm / O. Vasylenko, S. Ivchenko, H. Snizhnoi // *Radioelectronic and Computer Systems*. – 2023. – N. 1. – P. 45–54. doi: 10.32620/reks.2023.1.04
2. Василенко О. В. Концепція моделювання електромобілів для оптимізації запасу ходу в різних патернах руху / О. В. Василенко, Г. В. Сніжної, С. А. Івченко // *Матеріали VIII Міжнар. наук.-техн. конф. Комп'ютерне моделювання та оптимізація складних систем*, 1-3 лист. 2023 р. – Дніпро: УДХТУ, 2023. – С. 155-156.
3. Василенко О. В. Менеджмент цифрового виробництва: монографія / О. В. Василенко, Г. В. Сніжної, Ю. С. Ямненко – Запоріжжя: Національний університет «Запорізька політехніка», 2022. – 120 с. ISBN 978-617-529-374-4.