Пеня Олександр Романович, аспірант

НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ

**АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ СТВОРЕННЯ ТА ОБРОБКИ ДАНИХ ЦИФОРВИХ ДВІЙНИКІВ**

Сучасні технічні та програмно-апаратні засоби дозволяють отримувати велику кількість різноманітних даних про об'єкти реального світу. Особливо перспективною ця можливіть є для промислового виробництва, де різномантітні сенсори, що утворюють мережу пормислового інтернету речей (IIoT) надають доступ до потоку даних як про вироби, так і про сам процес та засоби виробництва. Ефективний збір, обробка та використання є цих даних є необхідними компонентам технології управління життєвим циклом продукту, яка реалізується за допомогою створення та аналізу цифрових двійників об'єктів виробництва. Таким чином, впровадження засобів розумного виробництва та концепції Industry 4.0 ставить на меті використання цифрових моделей виробничих об'єктів та процесів для перевірки на відповідність специфікаціям, виявлення та прогнозування відхилень, проведення випробувань в передвизначених умовах, тощо, замість проведення аналогічних досліджень з реальними сутностями, що дозволяє зменшити вартість і можливі ризки та підвищити якість виробництва [1-2]. Аналогічні переваги використання цифрових двійників можна також отримати в інших галузях, наприклад, медицині, нукових дослідженнях, логістиці, тощо.

Розглянемо детальніше існуючі програмні засоби, що реалізують технологію цифрових двійників.

1. Siemens PlantSight. Призначення PlantSight – програмного забезпечення, що пропонує компанія Siemens спільно з Bentley Systems – забезпечувати більш ефективну експлуатацію промислових об'єктів на основі їх цифрових двійників, синхронізованих як з реальними характеристиками об'єкта у фізичному світі, що надходять із сенсорів та звітів персоналу, так і з теоретичними інженерними даними [3]. Таким чином, створюється цілісний цифровий контекст для забезпечення узгодженості цифрових компонентів на основі різних джерел даних.

Взаємодія з отриманою програмною системою відбувається через веб-портал, який налаштовується відповідно до можливостей та потреб підприємства, що дозволяє користуватись системою співробітникам різного профілю в контексті їх завдань та підтримувати стан системи консолідованим та узгодженим. Засоби візуалізації дозволяють отримати повний контекст даних для прийняття більш ефективних рішень, дослідження можливостей, пошуку вузьких місць виробництва. Інфраструктура розгортання та підтримання програмного забезпечення надається як сервіс, дозволяючи підприємствам не витрачати ресурси на встановлення та налаштування власного обладнання.

2. Xarvio. Платформа xarvio, що пропонується компаніями BAFS та Delair, дозволяє впровадження цифрового сільського господарства. Вона містить комплекс програмного забезпечення, функції якого включають створення, відбраження та аналіз карт полів із аерознімків для оптимізації різноманітних видів сільгосп діяльності.

Впровадження точного сільського господарства дозволяє вибірково застосовувати засоби боротьби із бур'янами та шкідниками в тих ділянках, де це необхідно щоб зменшити витрати на відповідні засоби і вплив на середовище. Засоби машинного навчання генерують відповідні рекомендації на основі автоматично автоматично виявлених характеристик ділянок [4]. Так само, можна оптимізувати внесення добрив та інші меліоративні заходи. Дослідження цифрових двійників посівів також надає можливість вивчення можливих насаджень з метою визначення посівного плану, який забезпечує необхідні характеристики, такі як кількість рослин, швидкість дозрівання, характеристики врожаю.

3. Ansys. Програмне забезпечення Ansys пропонує можливість створення мультифізичного (симулюються всі фізичні процеси), багатомасштабного (аналізувати можна як дуже малі елементи системи, так і складні і великі підсистеми) цифрового двійника для всього обладнання, що обслуговується на атомних електростаніях: від складних установок, таких як турбогенератори, до простих насосів. Це дозволяє достатньо точно відтворити побічні процеси, навіть якщо сенсори, що безпосередньо відповідають за ці виміри відсутні.

Використання створених моделей дозволяє застосувати інструменти аналізу безпеки, які дозволяють симулювати можливі режими збоїв технічних систем [5]. На основі результатів численних симуляцій можна планувати заходи з обслуговування та діагностики обладнання, що значно підвищує строк експлуатації електростанції і рівнеь безпеки.

На прикладі розглянутих промислових програмних платформ із різних галузей можна зробити висновок про стан технології цифрових двійників. А саме, ця технолгія є корисною та перспективною в багатьох сферах діяльності, але наявне програмне забезпечення є дорогим, складним у впровадженні і вузько спеціалізованим для конкретної задачі. Отже, актуальною задачею є розвиток як самих методів моделювання, так і програмного забезпечення, що їх реалізує.

**Література**

1. Fuller A. et al. Digital twin: Enabling technologies, challenges and open research //IEEE access. – 2020. – Т. 8. – С. 108952-108971.

2. Botín-Sanabria D. M. et al. Digital twin technology challenges and applications: A comprehensive review //Remote Sensing. – 2022. – Т. 14. – №. 6. – С. 1335.

3. Jin A. Make digital twins easier to implement: Move from vision to reality: It's time to embrace digital twins for manufacturing. Benefits include more efficient digital transformations and more effective asset monitoring and performance //Control Engineering. – 2019. – Т. 66. – №. 12. – С. 4-5.

4. Nolte M., Tewes A., Hoffmann H. xarvio® Digital Farming Solutions //Precision Agriculture: Modelling. – Cham : Springer International Publishing, 2023. – С. 223-228.

5. Krukovskyi P. G. et al. CFD model as a digital twin of the radiation state of the new safe confinement of the Chernobyl NPP //Voprosy Atomnoj Nauki i Tekhniki. – 2020. – Т. 4. – С. 54-62.