

діагностики в зазначених місцях металевих конструкцій, які в совою чергу оснащені блоком діагностики, засобами автономної роботи та засобами передачі інформації дистанційними методами (LoRaWAN). Збір інформації проводиться централізовано з усієї будівлі. Система моніторингу передбачає відстеження поточного стану будівлі, накопичення статистики, виявлення та попередження критичних ситуацій, оповіщення про екстрену небезпеку [5].

Таким чином, врахування впливу вказаних вище факторів дозволяє збільшити надійність роботи системи моніторингу, та зекономити час і кошти. Впровадження системи моніторингу дає можливість зберегти перш за все життя людей, які можуть знаходитися в будівлі, у разі виникнення критичної ситуації, а також попередити пошкодження конструкцій будівлі з високою долею ймовірності, за рахунок постійного моніторингу в динаміці. Застосування даної системи з використанням бездротового методу передачі даних дозволяє спростити апаратну реалізацію системи, зменшити витрати коштів та часу на прокладання дротів і встановлення додаткового обладнання.

#### Список посилань

1. Construction Stress Monitoring Using a Wireless Sensor Network to Evaluate Reuse Potential of Structural Steel / Philipp Keller [et al.] // *Journal of Structural Engineering*. – 2019. – Vol. 145, no. 12. – P. 04019143. – DOI: [https://doi.org/10.1061/\(asce\)st.1943-541x.0002384](https://doi.org/10.1061/(asce)st.1943-541x.0002384).
2. Tymchik G. Analysis of acoustic diagnostics errors of stress state for shaped profiles of metal structures / G. Tymchik, M. Filippova, M. Demchenko // *Scientific journal “EUREKA: Physics and Engineering”*, – 2016. Vol. 5, no. 6. – P. 50–57.
3. Демченко М.О. Система неруйнівного контролю балочних елементів промислових споруд / М.О. Демченко, М.В. Філіппова, В.М. Безручко // *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба «Системи обробки інформації»*. – 2015. – № 6 (131). – с. 39–42.
4. Філіппова М. Визначення напруженого стану елементів металоконструкцій методом акустичної тензометрії / М. Філіппова, Г. Богдан, М. Демченко // *Вісник Київського політехнічного інституту. Серія Приладобудування*. – 2016. – № 51 (1). – С. 64–68.
5. Diagnostics of stress–strain state of shaped profiles of metal structures / G. Tymchik [et al.]. – Cham: Springer Nature Switzerland, 2025. – DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-031-82035-9\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-031-82035-9_10).

УДК 004.94

**Філіппова М.В., канд. техн. наук, доцент**  
**Демченко М.О., канд. техн. наук, ст. викладач**  
КПІ ім. Ігоря Сікорського, [dmariiaa@gmail.com](mailto:dmariiaa@gmail.com)

### ЦИФРОВИЙ ДВІЙНИК СКЛАДАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

Складальне виробництво це традиційний підхід до виготовлення виробів. Він складається з багатьох етапів, де кожен відповідає за частину робіт. Однак на кожному етапі бракує розуміння вимог та можливостей інших етапів, що знижує ефективність виготовлення виробу.

Велика відповідальність полягає в одночасному врахуванні вимог клієнта, технології виробництва, контролю якості та факторів в процесі проектування. Тому використання логіки проектування цифрового двійника (ЦД) складального виробництва, який враховує всі етапи виготовлення виробу, дозволить скоординувати роботу на всіх етапах від проектування до готового виробу [1].

Цифровий двійник складального виробництва представляє собою систему керування, яка забезпечує контроль за процесом виробництва, а також його моделювання та симуляцію [2]. Він відображає поточний стан виробництва та відстежує потік незавершених етапів виробництва. Складальне виробництво, зазвичай, створюється за технологічним процесом, як послідовність операцій відповідно до маршруту складання [3]. Коли деталі потрапляють

на місце складання, то робота на цьому місці не залежить від того, що відбувається за його межами. Тобто кожне місце складання можна представити як окремий модуль. Тоді, для створення ЦД складального виробництва, його можна представити як сутність, в якій кожне окреме місце складання буде представлено, як окрема сутність вбудована у ЦД складального виробництва.

В загальному вигляді ЦД складального виробництва можна представити як: ЦД виробничого процесу складання охоплює ЦД місць складання (кількість місць складання залежить від технологічного процесу складання виробу) та ЦД деталей та/або складальних одиниць, які складаються на даній операції технологічного процесу.

Цифровий двійник місця складання повинен відстежувати рухи людини-оператора, а також рух деталей та/або складальних одиниць при їх складанні. Тому оскільки, операція складання є фактичною еволюцією виробу, то ретельне відстеження цього процесу є головною метою контролю за складанням.

Таким чином, ЦД, який створюється на етапі роботи виробничої системи, можна використовувати для її оптимізації на основні даних отриманих від фізичного середовища в режимі реального часу. Тобто, функціональні можливості створеного ЦД будуть представлені як операційний інструмент для моделювання параметрів або їх контролю у віртуальному середовищі.

#### Список посилань

1. How to model and implement connections between physical and virtual models for digital twin application / Н. Jiang [et al.] // Journal of Manufacturing Systems. – 2020. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2020.05.012>
2. Challenges and countermeasures for digital twin implementation in manufacturing plants: A Delphi study / Nicolò Saporiti [et al.] // International Journal of Production Economics. – 2023. – Vol. 261. – P. 108888. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2023.108888>.
3. Філіппова М.В. Моделювання технологічного процесу складання за допомогою IDEF0 / М.В. Філіппова, М.О. Демченко, С.М. Матвієнко // Східно-європейський журнал передових технологій. – 2013. - № 3 (62). – С. 44-47.
4. Проскурєнко Д.М. Автоматизоване планування послідовності складання / Д.М. Проскурєнко, О.В. Третяк, М.О. Демченко, М.В. Філіппова // Енергетика і автоматика. – 2021. - №5. – С. 28-44
5. Filippova M. Use of digital double for component manufacturing / M. Filippova, M Demchenko, O Filippov, S Zaiets // Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences. – 2024. – Vol. 335, no. 3(1). – P. 202–208. – DOI: <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-335-3-28>.

УДК 621.396

**Герасимов С.В., докт. техн. наук, професор  
Чернявський О.Ю.**

Національний технічний університет «ХПІ», [gsvnr@ukr.net](mailto:gsvnr@ukr.net)

#### ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ НЕСПРАВНОЇ ТЕХНІКИ

Автоматизація ремонту несправної техніки дозволяє збільшити оперативність її відновлення, тобто підвищити коефіцієнт готовності техніки. Автоматизація передбачає інтеграцію різних автоматизованих систем для моніторингу технічного стану техніки, ведення обліку та управління запасними частинами та приладдям [1]. Такі системи можуть автоматично збирати дані про технічний стан техніки, виявляти несправності та навіть прогнозувати необхідність ремонту на основі аналізу результатів контролю параметрів інформаційно-діагностичними системами [1]. Запропонований підхід дозволяє збільшити оперативність прийняття рішення щодо доцільності поточного ремонту, необхідності відправлення техніки до ремонтних підприємств або заміни. Це знижує навантаження на