

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

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

персонал за рахунок зменшення часу на виконання обов'язків і збільшення швидкості відновлення техніки [2].

Особливо важливим елементом визначення технічного стану пошкодженої техніки є автоматизована діагностика, яка дозволяє виявляти технічні несправності, які не вдається виявити при візуальному огляді (скриті відмови). Сучасні інформаційно-діагностичні системи (на основі комп'ютерних програм, сенсорів) можуть обробляти величезні обсяги даних про технічний стан техніки, що дозволяє виявити будь-які проблеми, навіть на ранніх етапах виникнення несправності. Такі інформаційно-діагностичні системи дозволяють проводити моніторинг працездатності систем в реальному часі для своєчасного виявлення будь-яких несправностей, що може призводити до збоїв нормального функціонування техніки.

Використання безпілотних апаратів.

Однією з інноваційних технологій, що набуває розвитку при ремонті пошкодженої техніки на маршруті руху (особливо у важкодоступних місцях) є використання безпілотних апаратів (наземних і літальних) [3]. Безпілотні апарати можуть виконувати різні функції, від виявлення несправності до проведення ремонтних робіт (рис. 1) [1, 3].



Рис. 1 – Безпілотні апарати

а) вантажний літальний б) літальний маніпулятор в) наземний маніпулятор

Визначення технічного стану техніки. Моніторинг із повітря: огляд несправної (пошкодженої) техніки з повітря у важкодоступній або небезпечній місцевості. Безпілотні літальні апарати можуть здійснювати високоточну відеозйомку та передавати дані ремонтним підрозділам для визначення необхідних операцій з ремонту або їх доставлення до техніки. Безпілотні наземні апарати із контрольно-діагностичними системами дозволяють оперативна визначати технічний стан несправної техніки за встановленим алгоритмом функціонування.

Доставка запчастин і матеріалів. Безпілотні апарати можуть бути використані для доставки необхідних запасних частин і ремонтних матеріалів безпосередньо до місця знаходження несправної (пошкодженої) техніки. Це дозволяє зменшити час доставки і підвищити оперативність ремонтних робіт. У критичних ситуаціях, коли традиційна транспортна логістика не є доступною або безпечною, використання безпілотних апаратів є важливим інструментом для забезпечення проведення операцій ремонту.

Використання штучного інтелекту. Інтеграція системи керування ремонтними роботами з використанням штучного інтелекту є удосконалення процесу ремонту несправної техніки [4]. За допомогою апарату штучного інтелекту можливо, наприклад, проводити аналіз отриманої інформації про технічний стан: від результатів контролю характеристик за допомогою контрольно-діагностичних систем до погодних умов у найближчий період для визначення раціональної схеми проведення ремонтних робіт. Штучний інтелект у цьому випадку дозволить передбачати появу можливих несправностей (пошкоджень) і планувати заходи щодо ремонту. Застосування дистанційно керованих систем (маніпуляторів) дозволяє виконувати ремонтні роботи у більш небезпечних або важкодоступних зонах без прямої участі людей [5].

Використання 3D-друку. Сучасні технології на базі 3D-друку разом із роботизованими комплексами та спеціалізованими мобільними майстернями дозволяють значно підвищувати ефективність ремонту. Так, 3D-друк дозволяє швидко виготовляти потрібні деталі та механізми, які відсутні та доставлення яких потребує значного часу. Це дозволяє по-перше, оперативно проводити ремонт, по-друге, створювати запаси найбільш потрібних запчастин для ремонту без необхідності звертатися до постачальників, особливо, якщо вони належать до не дружніх країн. Також автоматизовані роботизовані системи можуть здійснювати виконання простих механічних робіт, наприклад очищення механізмів, змащення або заміна деталей без участі людини, що знижує ймовірність травм або створення небезпечних ситуацій.

Використання сучасних технологій дозволяє значно підвищити автоматизацію ремонту несправної техніки. Використання безпілотних апаратів, штучного інтелекту та 3D-друку при ремонті техніки, особливо у важкодоступній місцевості, має значний потенціал. Ці технології дозволяють підвищити ефективність і оперативність ремонту, знизити ризики для персоналу, забезпечити безпеку та збереження техніки, а також дозволяють оптимізувати логістичні та організаційні процеси.

Список посилань

1. Герасимов С.В., Чернявський О.Ю. Моделювання траєкторій руху безпілотного летального апарату при дистанційному зондуванні землі (КЗЯТПС – 2023): матеріали тез доповідей XIII Міжнародної науково-практичної конференції (м. Чернігів, 25–26 травня 2023 р.). – Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2023. – Т. 2. – С. 129-130. – Режим доступу: <https://conference-chernihiv-polytechnik.com/wp-content/uploads/2023/06/Tezy-2023-Part-2.pdf>.
2. Yevseiev S., Herasymov S., Kuznietsov O. Method of assessment of frequency resolution for aircraft. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2(9 (122)). – 2023. – С. 34-45. – Режим доступу: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.277898>.
3. Чернявський О.Ю., Томчук О.А., Болкот П.А. Обладнання полігону навчально-тренувальними комплексами для збільшення дальності дії систем управління безпілотних апаратів. Збірник наукових праць Військової академії (м. Одеса). – 2024. – № 1 (21). – С. 77–86. – Режим доступу: <https://doi.org/10.37129/2313-7509.2024.21.77-86>.
4. Herasymov S., Yevseiev S., Milevskyi S. Development of a method for automatic control of monitoring means for information protection objects. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6(9) (132). – 2024. – 2023. – С. 25-38. – Режим доступу: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.319058>.
5. Чернявський О.Ю., Нанівський Р.А., Ільків І.М. Комплектування полігону навчально-тренувальними комплексами для підготовки операторів безпілотних летальних апаратів. Збірник наукових праць Військової академії (м. Одеса). – 2023. – № 2 (20). – С. 63-72. – Режим доступу: <https://doi.org/10.37129/2313-7509.2023.20.63-72>.

УДК 621.311.24:004.4

Твердовський І.О., аспірант
Степенко С.А., канд. техн. наук, доцент, пров. наук. співробітник
Національний університет «Чернігівська політехніка», serhii.stепенko@stu.cn.ua

СТВОРЕННЯ МУЛЬТИАГЕНТНОЇ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ МОДЕЛІ КЛАСТЕРУ ІНВЕРТОРІВ НАПРУГИ

Метою даного дослідження є підвищення надійності функціонування електроенергетичних об'єктів на основі відновлюваних джерел енергії шляхом забезпечення оптимального функціонування елементів системи за допомогою програмних та апаратних засобів керування.