

реєстри, реалізовано додатковий скалярний прохід. Також частково векторизовано обчислення теплофізичних характеристик матеріалу, які залежать від температури, що дозволяє зберегти високу точність розрахунків і забезпечити коректність моделі [2].

Порівняння оптимізованої та базової реалізацій засвідчило суттєве зменшення часу виконання обчислень за рахунок одночасної обробки декількох елементів масиву в одному такті процесора. Підвищення ефективності особливо відчутне при використанні дрібнішого просторового кроку сітки, коли збільшується кількість однотипних операцій. При цьому використання змінних з меншою розрядністю дозволяє досягти додаткового прискорення за рахунок більшої щільності розміщення даних у векторних реєстрах [1].

Застосований підхід є перспективним для моделювання складних теплофізичних процесів у багатовимірних областях, особливо в умовах обмежених обчислювальних ресурсів. Подальше удосконалення може бути пов'язане з інтеграцією SIMD-векторизації з іншими формами паралелізму, зокрема багатопоточними та асинхронними обчисленнями, що відкриває додаткові можливості для оптимізації та підвищення продуктивності обчислювальних систем [3].

Список посилань

1. Zheng R. Efficient execution of graph algorithms on CPU with SIMD extensions / R. Zheng, S. Pai // 2021 IEEE/ACM International Symposium on Code Generation and Optimization (CGO). – Seoul, 2021. – P. 262–276. – Mode of access: <https://doi.org/10.1109/CGO51591.2021.9370326>.
2. Zhulkovskyi O. Features of mathematical simulation of the processes of combined heat transfer in waveguides / O. Zhulkovskyi, I. Savchenko, I. Zhulkovska et al. // 2022 IEEE 4th International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES). – Kremenchuk, 2022. – P. 1–5. – Mode of access: <https://doi.org/10.1109/MEES58014.2022.10005676>.
3. Zhulkovskyi O. Using asynchronous programming to improve computer simulation performance in energy systems / O. Zhulkovskyi, I. Zhulkovska, P. Kurliak et al. // Energetika. – 2025. – Vol. 71(1). – P. 23–33. – Mode of access: <https://doi.org/10.6001/energetika.2025.71.1.2>.

УДК 624.014:620.174.21

Філіппова М.В., канд. техн. наук, доцент
Демченко М.О., канд. техн. наук, ст. викладач
КПІ ім. Ігоря Сікорського, dmariiaa@gmail.com

МОНІТОРИНГ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ

Сучасну архітектуру більшості країн світу, в тому числі і України, важко уявити без активного застосування металевих конструкцій в якості основних конструктивних елементів. Використання металевих конструкцій дозволило збільшити різноманіття архітектурних форм, яке виходить за рамки лінійності, що в свою чергу пов'язано з використанням високотехнологічних автоматизованих систем проектування.

Такі складні архітектурні форми особливо потребують забезпечення безпеки та надійності експлуатації на протязі всього життєвого циклу, що може бути вирішено за рахунок використання систем моніторингу за їх технічним станом [1].

Основною характеристикою, за якою можливо оцінити поточний стан металевих конструкцій є їх напружено-деформований стан [2]. Система моніторингу має забезпечувати автоматизований збір інформації про поточні значення напружень визначених елементів конструкції, відслідковувати їх зміну та проводити оповіщення у разі виявлення перевищення допустимих встановлених значень [3].

Систему моніторингу реалізовано з використанням акустичного методу визначення фактичних напружень в фасонних профілях металевих конструкцій, які вступають в якості несучих елементів металевих конструкцій [4]. Передбачено розміщення елементів

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.

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

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 етапу 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