УДК 621.9

Ковальов В.Д., докт. техн. наук, професор,
kovalov.viktor@gmail.com
Васильченко Я.В., докт. техн. наук, професор
wasilchenko.ua@gmail.com
Шаповалов М.В., канд. техн. наук, доцент
Лобур Ю.М., аспірант
Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ - Тернопіль,
harleymax1979@gmail.com

ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА ДІАГНОСТИКИ ТА УПРАВЛІННЯ ОБРОБКОЮ НА ВАЖКИХ ВЕРСТАТАХ З ЧПК

Проблема точності обробки в умовах важкого машинобудування набуває особливого значення через складність конструкцій, велику масу та габарити деталей, а також високі вимоги до надійності. Експлуатація зношеного парку металорізального обладнання ускладнює забезпечення необхідних геометричних параметрів виробів [1].

Розроблена інтегрована система діагностики та управління (ІСДУ) процесами обробки на верстатах з ЧПК дозволяє компенсувати похибки, що виникають через зниження жорсткості та точності технологічних систем. ІСДУ базується на принципах попередньої та оперативної діагностики стану технологічного обладнання, з подальшим автоматичним коригуванням траєкторій руху інструмента під час обробки.

У важкому машинобудуванні ця методика дозволяє успішно обробляти довгомірні та масивні заготовки з високою точністю. На основі попередньо створених електронних паспортів верстатів із заданими таблицями корекції ІСДУ оперативно вносить зміни в координати позиціонування, компенсуючи відхилення геометрії, температурні деформації та зношування елементів ТС.

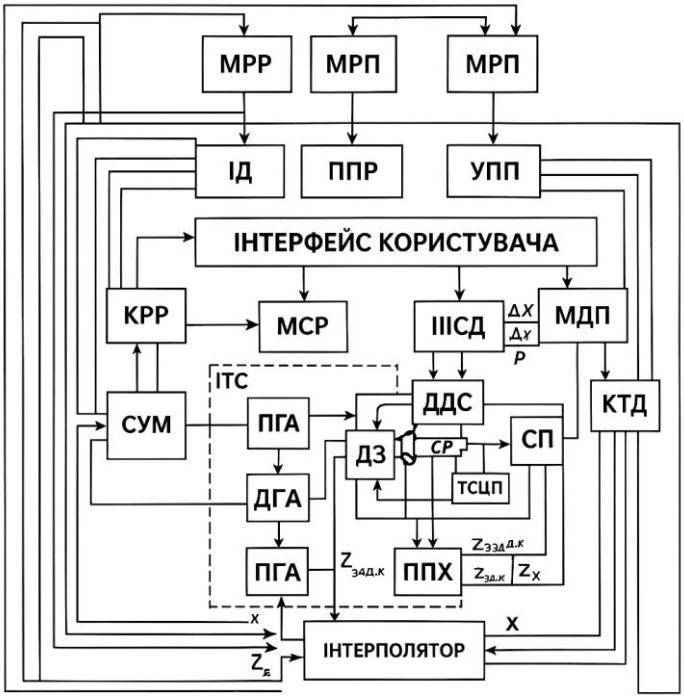

Рис. 1 – Технологічно орієнтований програмно - апаратний комплекс діагностики і управління процесом обробки

Розшифровку умовних позначень наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Розшифровка умовних позначень

Позначення	Розшифровка
ВРП	Виконання робочої програми
МД	Математичне забезпечення
ІТКПВ	Інформаційно-технологічне керування процесом виготовлення
ІД	Інженерні дані
ППРР	Підготовка програм режимів роботи
ТПСРВ	Технологічна підсистема розробки виробу
ІНТЕРФЕЙС КОРИСТУВАЧА	Людино-машинний інтерфейс
КРР	Керування ресурсами роботи
МСР	Модуль системи регулювання
ІІСД	Інтелектуальна інформаційна система діагностики
МДП	Модуль динамічного планування
КТД	Керування технічними діями
СУМ	Суматор сигналів
ДГД	Динамічний генератор даних
ДДАСР	Динамічна адаптивна система регулювання
С	Датчик сили
СР	Система регулювання переміщень
ПХ	Привідний хід (привід подачі)
ТСЧПУ	Технологічна система числового програмного управління
ІНТЕРПОЛЯТОР	Система побудови траєкторій (інтерполяції руху)

Позначення сигналів та параметрів наведено в таблиці 2.

Таблиця 2 – Позначення сигналів та параметрів

Позначення	Значення
Δx, Δy, Δz	Відхилення по координатах
x_x, z_x	Координати положення інструмента
k_x, k_z	Коригувальні сигнали
A_p	Амплітуда регулювання
Δt, Δv	Часова і швидкісна похибка
Δx_вм	Виміряне відхилення по осі X

Впровадження цієї системи дозволяє суттєво підвищити точність обробки великих і масивних заготовок, що особливо важливо для виробів з високими вимогами до геометричних параметрів та надійності. Застосування попередньої та оперативної діагностики, а також автоматичного коригування траєкторій руху інструментів, дозволяє компенсувати похибки, що виникають внаслідок зносу технологічного обладнання та температурних деформацій. Це сприяє зменшенню витрат на ремонт та оновлення обладнання, підвищенню ефективності виробництва та забезпеченню стабільної якості продукції в умовах важкого машинобудування.

Список посилань

1. Antonenko, Y., Kovalov, V., Vasylchenko, Y., Shapovalov, M., Malyhin, N. (2023). An Increase in Heavy Machines' Accuracy by Controlling the Carrier System Parameters. In: Tonkonogyi, V., Ivanov, V., Trojanowska, J., Oborskyi, G., Pavlenko, I. (eds) Advanced Manufacturing Processes IV. InterPartner 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-16651-8_8

УДК 519.85

Володько М.Ю., аспірантка
Киричок Т.Ю., докт. техн. наук, професор
Клименко Т.Є., канд. техн. наук, доцент
КПІ ім. Ігоря Сікорського, volmarisha2@gmail.com

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ 3D ЕЛЕМЕНТІВ ДРУКОВАНОЇ ПОЛІГРАФІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ FDM

У сучасному поліграфічному виробництві оптимізація процесу адитивного друку з використанням FDM-технології має важливе значення, адже урахування технологічних обмежень впливає не лише на вагу 3D елементів друкованої поліграфічної продукції, витрати матеріалу та міцність, а й на час їх виготовлення через забезпечення максимальної щільності їх розміщення на платформі 3D обладнання [1-3].

Завдяки побудованій математичній моделі розміщення довільних тривимірних елементів поліграфічної продукції на платформі 3D обладнання та алгоритму розв'язання цієї задачі на основі поетапного пошуку локального та глобального екстремуму з використанням методу нелінійного програмування, а саме: мови Python та методу SLSQP запропоновано оптимальне пакування моделей на платформі 3D обладнання з мінімізацією його висоти, що сприяє зменшенню кількості шарів, необхідних для друку.

Тобто множину $P_i, i \in I = \{1,2,\dots,n\}$ довільних за формою 3D елементів поліграфічної продукції розміщено у прямокутному контейнері, параметризованому змінною $\eta = (\eta_1, \eta_2)$, яка визначає висоту контейнера, з метою мінімізувати $\mathrm{H}(\eta) = \eta_2 - \eta_1$, тобто висоту пакування, яка є пропорційною до кількості шарів FDM-друку.

Формально, задачу записано у вигляді: $min_{u.\eta}$=$H(\eta)$ *за умов:* $\Phi_{ij}(u_i,u_j) \geq d_{min}, \forall_i < j, \Phi_{ij}(u_i,\eta) \geq 0, \forall_i \in I$, *де* $u_i \in R^6$ – вектор трансляції та обертання об'єкта $i, \Phi_{i,j}$ – phi-функція для розміщення об'єкта в межах контейнера із врахуванням відстаней до країв.

Основна ідея алгоритму полягає в оптимізації координат об'єктів за допомогою методу послідовного квадратичного програмування (SLSQP), що реалізується засобами бібліотеки SciPy. Цільова функція визначає максимальну висоту будь-якого об'єкта у просторі, що фактично відображає висоту всієї конструкції. Для гарантування фізичної коректності розміщення вводяться геометричні обмеження: об'єкти не повинні виходити за межі платформи, а також повинні знаходитись на певній відстані один від одного у всіх трьох координатах (x, y, z).

У лістингу реалізації представлено алгоритм просторової оптимізації розміщення 3D-елементів друкованої поліграфічної продукції на обмеженій платформі. Вхідними даними виступають геометричні параметри кожного елементу (ширина, довжина, висота), розміри платформи (наприклад, 200×200 см), а також фіксована мінімальна допустима відстань між об'єктами, яка гарантує відсутність їх фізичного дотику (наприклад, 1 см).

Метою оптимізації є знаходження таких просторових координат кожного об'єкта (x, y, z), за яких усі елементи: повністю розміщуються в межах платформи; не перекриваються між собою та дотримуються мінімальної відстані; забезпечують мінімально можливу загальну висоту конструкції, тобто висоту найвищої точки серед усіх 3D елементів.