

ВИКОРИСТАННЯ ПРОМИСЛОВИХ РОБОТІВ В УМОВАХ ДРІБНОСЕРІЙНОГО ТИПУ ВИРОБНИЦТВА

Сучасне машинобудування характеризується прагненням до підвищення ефективності виробничих процесів, зниження собівартості продукції та забезпечення її конкурентоспроможності. В умовах масового та крупносерійного виробництва використання промислових роботів для автоматизації завантаження та вивантаження металообробного обладнання вже стало стандартом, демонструючи значні економічні переваги. Однак, у дрібносерійному виробництві, де номенклатура виробів широка, обсяги партій невеликі, а методи обробки часто змінюються, доцільність впровадження робототехнічних комплексів залишається предметом дискусії. Традиційно вважалося, що гнучкість роботів не компенсує високі початкові інвестиції та складність їх переналаштування для невеликих партій. Проте, з розвитком технологій, появою більш гнучких, інтуїтивно програмованих та доступних роботів, а також систем технічного зору, ця парадигма починає змінюватися. Метою даної роботи є комплексна оцінка техніко-економічної доцільності інтеграції промислових роботів у процеси завантаження металообробного обладнання саме в умовах дрібносерійного виробництва.

У контексті дрібносерійного виробництва, головними викликами завжди були високі витрати на переналадження та програмування. В дослідженнях [1] та [2] пропонується рішення для оптимізації траєкторій роботів та зменшення часу переналадження через офлайн-програмування та симуляцію. Однак ці підходи вимагають значних інженерних ресурсів.

Останні роки відзначаються появою нових концепцій, таких як "співпрацюючі роботи" (collaborative robots), які, за даними [3], призначені для безпечної взаємодії з людиною та легкого перепрограмування. Це відкриває нові перспективи для їх використання у дрібносерійному виробництві. Праці [4] та [5] також акцентують увагу на економічному моделюванні та оптимізації інвестицій у робототехніку, проте часто не враховують всіх нюансів дрібносерійних партій деталей.

Таким чином, тенденції сьогодення демонструють перехід від жорстких автоматизованих систем до гнучких, адаптивних рішень, що потенційно відповідають потребам дрібносерійного виробництва. Однак, комплексного аналізу конкретних економічних моделей та методик оцінки доцільності використання промислових роботів для завантаження металообробного обладнання в умовах дрібносерійного виробництва, все ще бракує.

Оцінка доцільності використання промислових роботів у дрібносерійному виробництві вимагає розгляду як технічних, так і економічних аспектів.

Технічні аспекти:

1. Гнучкість та переналадження. Ключовою вимогою дрібносерійного виробництва є швидке та легке переналадження. У сучасних роботах використовується інтуїтивне програмування "навчанням з руки" (lead-through programming), що значно скорочує час переналадження порівняно з традиційними промисловими роботами, що потребують значних навичок програмування.
2. Точність та повторюваність. Роботи забезпечують високу точність позиціонування та повторюваність, що є критичним для якісного завантаження металообробного обладнання. Це дозволяє зменшити кількість браку, спричиненого людським фактором та забезпечує стабільність процесу.
3. Автономність та надійність. Роботи можуть працювати 24/7 без втоми, що підвищує коефіцієнт використання обладнання. Сучасні промислові роботи мають високу надійність та тривалий термін служби, що мінімізує час простою на обслуговування.
4. Інтеграція з периферійними системами. Для ефективної роботи в дрібносерійному виробництві робот повинен бути легко інтегрований з іншим обладнанням (верстати з ЧПК, допоміжні пристрої, системи контролю якості) та виробничими інформаційними системами. Це забезпечується відкритими архітектурами контролерів та стандартними протоколами зв'язку.
5. Системи технічного зору та датчики. Впровадження систем технічного зору (2D/3D камери) дозволяє роботу розпізнавати різні деталі, визначати їхнє положення та орієнтацію, що усуває необхідність у точній подачі заготовок та спрощує адаптацію до змін у номенклатурі. Тактильні датчики можуть контролювати зусилля при затисканні деталей, запобігаючи пошкодженню.

Економічні аспекти:

1. Початкові інвестиції. Включають вартість самого робота, захватного пристрою, програмного забезпечення та навчання персоналу. Для дрібносерійного виробництва критичним є обґрунтування цих витрат.
2. Операційні витрати. До них відносяться витрати на електроенергію, технічне обслуговування, запасні частини, а також витрати на програмістів та операторів.
3. Зниження прямих витрат на оплату праці. Робот замінює працівника на монотонних та часто небезпечних операціях, що дозволяє перерозподілити робочу силу на більш кваліфіковані завдання.
4. Збільшення продуктивності та коефіцієнта використання обладнання [6]. Завдяки безперервній роботі робота, верстати можуть працювати більше годин на добу, що призводить до зростання випуску продукції без додаткових інвестицій в основне обладнання.

5. Гнучкість та швидкість реагування на ринок. Можливість швидкого переналадження дозволяє оперативно реагувати на зміни номенклатури виробів відповідно до попиту ринку, що є важливою конкурентною перевагою для дрібносерійного виробництва.

6. Термін окупності інвестицій. Для дрібносерійного виробництва термін окупності може бути довшим, ніж у масовому, тому важливо використовувати методики розрахунку, що враховують не тільки пряму економію, а й непрямі переваги (гнучкість, якість, безпека). Окупність може бути досягнута за рахунок зниження витрат на оплату праці, зменшення браку, збільшення обсягів виробництва за той самий час та підвищення якості продукції.

Тож для аналізу можливості використання промислових роботів треба використовувати багатofакторну модель оцінки, що включає:

1. Технічний аналіз. Оцінка сумісності робота з наявним обладнанням, необхідність модифікацій, складність інтеграції, вимоги до простору.

2. Економічний аналіз. Розрахунок терміну окупності з урахуванням початкових інвестицій та операційних витрат, а також потенційної економії та прибутку від зростання продуктивності та якості.

3. Оцінка гнучкості. Аналіз часу та вартості переналадження робота для різних виробів, оцінка впливу на час виконання замовлень.

4. Аналіз ризиків. Визначення потенційних ризиків, пов'язаних з впровадженням (технічні збої, проблеми з програмуванням, опір персоналу) та розробка стратегій їх мінімізації.

5. Якісний аналіз. Оцінка покращення умов праці, іміджу компанії, можливості залучення кваліфікованих кадрів.

Особливу увагу слід приділити вибору типу робота. Для дрібносерійного виробництва важливою складовою є стандартизація захватних пристроїв та систем подачі заготовок, що також дозволяє скоротити час на переналадження.

Виходячи з проведеного аналізу, можна зробити висновок, що впровадження промислових роботів для завантаження металообробного обладнання в умовах дрібносерійного виробництва є доцільним, але вимагає ретельного техніко-економічного обґрунтування та виваженого підходу до вибору обладнання. Основні переваги, що роблять таке впровадження перспективним:

- підвищення продуктивності та ефективності використання обладнання;
- покращення якості продукції та зниження браку;
- зниження операційних витрат у довгостроковій перспективі;
- покращення умов праці та безпеки.

Для успішного впровадження необхідно враховувати специфіку конкретного виробництва, проводити детальну оцінку вартості життєвого циклу рішення, а також забезпечити належну підготовку персоналу. В умовах постійного розвитку технологій та конкуренції, інвестиції в роботизацію дрібносерійного виробництва стають не просто опцією, а стратегічною необхідністю для забезпечення сталого розвитку та збереження конкурентоспроможності підприємств.

Список літератури:

1. M.C. Kim, D.J. Kim and S.K. Lee. Optimal trajectory generation for a robot manipulator using genetic algorithms. *Journal of Intelligent Manufacturing*, vol. 20, no. 5, pp. 583-591, 2009.
2. Павленко І.І., Мажара В.А. Вплив конструктивних особливостей виконання порталних роботів на продуктивність РТК // *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*. – 2011. – №. 41 (2). – С. 121-126.
3. B. Siciliano and O. Khatib. *Springer Handbook of Robotics*. Springer, 2016.
4. B. Atlason, R. G. Johnson and B. J. Rant. Economic justification of robotics: A framework for manufacturing. *International Journal of Production Economics*, vol. 92, no. 1, pp. 31-41, 2004.
5. K. Fukunaga, T. Ohsumi and T. Mitsui. A method for evaluating the economic benefit of introducing industrial robots into small-scale production. *Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 2007, pp. 2970-2975.
6. Павленко, І.І. Структура продуктивності верстатних роботизованих комплексів / І.І. Павленко, В.А. Мажара // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем: зб. наук. пр. – Краматорськ: ДДМА, 2005. – Вип. 17. – С. 131-137.