

ПАРАДИГМА РОЗВИТКУ РОБОТИЗОВАНИХ КОЛАБОРАТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

За даними міжнародної федерації робототехніки (IFR) темпи щорічного збільшення випуску та впровадження у виробництво промислових роботів (ПР) в післяковідний період стабілізувались і становлять 11% (в доковідний період ця цифра становила 14-15%). А за цей же післяковідний період темпи щорічного випуску та впровадження колаборативних ПР (КПР) становить без малого 400%.

Вище зазначене вказує на очевидну перспективність та актуальність розвитку колаборативної робототехніки як в науковій, так і в практичній сферах та визначає її подальший розвиток в різних галузях виробництва.

Метою даної роботи є висвітлення особливостей процесу становлення колаборативної робототехніки, особливою відмітністю якої є непостійна роль людини в частині її активної участі в різноманітних технологіях.

В контексті сказаного парадигму роботизованих колаборативних технологій можна трактувати як таку, що змінювалась від “ручних” технологій з їх активною та єдиною участю людини (**Н** - human) в багатовіковому процесі розвитку науки, техніки та технологій, зменшувалась роль **Н**, підвищувалась роль механізації та автоматизації до періоду підвищення ролі **Н**, що є характерним на сучасному етапі розвитку автоматизованих технологій, що очевидним чином проявляється в роботизованих колаборативних технологіях.

Схематично сказане можна представити наступним процесійно-подійним ланцюжком:

$$\mathbf{H} \rightarrow \mathbf{M} \rightarrow \mathbf{A} \rightarrow \mathbf{R} \rightarrow \mathbf{FM} \rightarrow \mathbf{CR} \text{ (Coe(H+R) } \rightarrow \text{Coo(H+R) } \rightarrow \text{Col(H+R))}. \quad (1)$$

Тут:

Н – характеризує повністю ручну працю, що виконує людина, починаючи із мисливства із камінними знаряддями праці до використання металевих та інших, що вимагало “своїх” технологій для їх виготовлення. При цьому людина була самою активною та фактично єдиною складовою тодішньої технологічної системи (термін умовний);

М – технології, які характеризуються використанням механізованих знарядь праці, що значно змінило технологічно-виробничу активність людини в процесі виробництва. З часом роль людини почала зменшуватись, але її наявність була все ще необхідною. Активний розвиток технологій як таких почався на етапі механізації в машинно-ручних процесах, коли вплив на предмет праці проводився за допомогою механізмів та/або машин, але за обов'язкової участі людини;

А – автоматизовані технології з фактично досить незначною, але необхідною участю в них людини. Людина в основному була пасивним учасником реалізації технологій. Наприклад, виконувала допоміжні технологічні функції типу завантаження заготовок – розвантаження деталей в/з технологічного обладнання тощо. Класична автоматизація механоскладального виробництва є логічним продовженням вище вказаного. Вона в тому числі заснована на числовому програмному управлінні (ЧПУ) різним технологічним обладнанням без обов'язкової участі людини, що забезпечує ефективність виробничих процесів в різних її проявах. Проте вона (**А**) має свої обмеження, зокрема, у гнучкості та можливостях переналадження для виготовлення нових виробів тощо;

Р – промислова робототехніка дозволила вирішити технологічні проблеми, які були характерними для класичної автоматизації в різних типах виробництв, дозволяючи використання ПР як гнучких засобів виробничої автоматизації при реалізації різних технологій. Вона забезпечує більшу гнучкість та можливості переналадження, але часто потребує складних систем програмування та їх інтеграції з іншими виробничими процесами в тому числі, як і для випадку **А** із (1), за рахунок використання CAD/CAM/CAE та CALS-технологій;

FM – гнучке виробництво, яке на різних рівнях його організації відоме такими технологічно-органіційними структурами як ГВК (гнучка виробнича комірка), ГВД (гнучка виробнича ділянка), ГВЦ (гнучкий виробничий цех), ГВС (гнучка виробнича система), ГКІВС (гнучка комп'ютерно-інтегрована система) характеризується перш за все використанням ПР, здатністю до оптимального переналадження роботизованої технологічної системи на випуск іншої продукції тощо. Теоретичною основою вказаного є групова технологія. FM характеризується так званою “малолюдною” технологією, коли людина приймає активну участь лише при обслуговуванні технологічного обладнання (підготовці УП для металообробного обладнання, ПР, їх програмуванні, займається проблемами гідро- пневмоавтоматики тощо);

CR – колаборативна робототехніка – є невід'ємною складовою сучасної промислової робототехніки. Метою її застосування є збільшення гнучкості та продуктивності виробництва, зменшення ризику травмування працівників та спрощення процесу програмування ПР, КПР та іншого технологічного обладнання.

Відмітною особливістю колаборативної робототехніки є те, що вона передбачає в тому чи іншому прояві обов'язкову взаємодію між КПР та людиною. Це забезпечує ефективну реалізацію певних технологій, особливо в частині гнучкості, тобто здатності ефективно за певним критерієм переналаджуватись на випуск продукції іншої номенклатури, підвищення безпеки працюючих, оскільки в такій технологічній системі контролює процес як людина, так і система управління КПР. .

При цьому ПР певних конструктивних виконань (що і робить їх колаборативними – КПР) можуть використовуватись не тільки як автономне технологічне обладнання, так і як таке, що функціонально взаємодіє з людиною у режимі їх спільної (**H+R**) роботи при реалізації певних технологій.

Вказана вище взаємодія (**H+R**) за виразом (1) має наступні прояви:

- **CoeCR** – Coexistence Collaborative Robotics, що трактується як співіснування людини та КПП, які реалізують технологію виготовлення однієї і тієї ж продукції. При цьому і **H**, і КПП не мають загальної робочої зони і не контактують безпосередньо та одночасно з об'єктом виробництва;
- **CooCR** – Cooperative Collaborative Robotics, означає таку взаємодію **H** та КПП, яка характеризується виготовленням продукції за однією технологією. Але при цьому і **H**, і КПП мають загальну частину їх робочих зон, проте не контактують безпосередньо та одночасно з об'єктом виробництва;
- **ColCR** – Collaborative Robotics, що змістовно означає класичне розуміння терміну “колаборація”. Тобто при цьому при єдиній технології виготовлення продукції і **H**, і КПП мають загальну частину їх робочих зон та можуть при виконанні певних технологічних операцій контактувати безпосередньо та одночасно з об'єктом виробництва.

Вказане для колаборативних технологій дозволяє ввести нове поняття, а саме “колаборативна роботизована технологічна система” (КРТС) та в зв'язку із обов'язковою технологічною активністю людини дозволяє трактувати **H** як невід'ємну складову КТС.

Тому парадигма процесу розвитку колаборативних технологій в частині участі людини **H** в певних технологіях може бути сформульована як така, що стисло та умовно характеризується наступною схемою:

max (активна участь людини в процесі реалізації “примітивних” технологій, змістовний символ **H** в (1)) – *max-min* (поступове зменшення участі людини в технологіях, змістовний символ **M** в (1)) – *min* (змістовні символи **A**, **FM** в (1), що вказують на неактивну участь **H** при реалізації основних технологічних операцій та переходів) – *min-max* (змістовні символи **CoeCR**, **CooCR** та **ColCR** в (1), вказують на суттєве зростання ролі людини в аналізованих технологіях).

Загалом, колаборативна робототехніка є однією з найбільш перспективних сучасних напрямків розвитку промислової робототехніки. Це особливо яскраво проявляється у механоскладальних виробництвах.

Однак, на шляху до широкого впровадження колаборативної робототехніки мають місце проблеми, пов'язані з її інтеграцією з іншими виробничими процесами, програмуванням, навчанням працівників тощо

Враховуючи ці проблеми та можливості їх вирішення, з часом колаборативна робототехніка все ж стане одним із ключових елементів реалізації багатьох технологій майбутнього.

На основі вище вказаного дослідниками Державного університету «Житомирська політехніка» активно ведеться пошукова, аналітична та науково-дослідницька робота щодо наукового обґрунтування та умов ефективного застосування колаборативної робототехніки в різногалузевих автоматизованих, включаючи роботизовані, технологіях.

Список використаних літературних джерел

International Federation of Robotics. URL: https://ifr.org/downloads/press2018/2022_WR_extended_version.pdf (дата звернення 15.03.23).