

SECTION 14.

AUTOMATISATION ET INSTRUMENTATION

DOI 10.36074/logos-04.04.2025.032

ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ПРОМИСЛОВИХ РОБОТІВ У ВИРОБНИЦТВІ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ: ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ І ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ

Федік Леся Юріївна¹, Грудецький Роман Ярославович², Голіков Тимур³

1. канд.техн.наук, доцент,

доцент кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Луцький національний технічний університет, УКРАЇНА

ORCID ID: 0000-0001-7505-3789

2. Проректор з НПР та цифрової трансформації ЛНТУ

Луцький національний технічний університет, УКРАЇНА

ORCID ID: 0000-0001-5747-4168

3. здобувач вищої освіти факультету комп'ютерних та інформаційних технологій

Луцький національний технічний університет, УКРАЇНА

ORCID ID: 0009-0003-9887-1751

Анотація У статті розглянуто особливості використання промислових роботів у масовому виробництві легкових автомобілів. Проаналізовано ключові характеристики, такі як вантажопідйомність, робочий радіус, точність, швидкість, гнучкість і безпека, які впливають на ефективність виконання виробничих завдань. Наведено огляд сучасних моделей провідних виробників роботів, що застосовуються у виробництві легкових автомобілів ABB, KUKA, FANUC, Universal Robots, Staubli, Yaskawa, Mitsubishi та Kawasaki і визначено сфери застосування залежно від специфіки виробничих процесів. Результати дослідження підкреслюють важливість адаптації сучасних технологій для оптимізації виробничих процесів і забезпечення високої якості продукції.

Новітні розробки у сфері робототехніки радикально змінюють підходи до виробництва, підвищуючи його гнучкість та ефективність. Одним із ключових напрямів є впровадження інноваційних технологій, які наділяють роботів здатністю навчатися, адаптуватися до змін і працювати в складних виробничих

системах. Сучасні досягнення в робототехніці включають інтеграцію штучного інтелекту (ШІ), що дозволяє роботам не лише виконувати запрограмовані завдання, але й самостійно адаптуватися до динамічних умов виробництва. Завдяки цьому роботи можуть навчатися, оптимізувати свої дії та приймати рішення в реальному часі, що суттєво підвищує ефективність виробничих процесів.

Важливою інновацією є також взаємодія роботів із сучасними технологіями, такими як Інтернет речей (IoT) та 5G. Це забезпечує швидкий обмін даними між роботами і іншими виробничими системами, створюючи умови для більш ефективного функціонування і відкриваючи нові можливості для автоматизації та оптимізації виробничих ліній.

Масове виробництво легкових автомобілів сьогодні неможливе без широкого використання промислових роботів, які виконують безліч завдань: від складання та монтажу компонентів до зварювання, фарбування та тестування автомобілів. Вибір правильного робота-маніпулятора для кожного етапу виробництва є важливим, оскільки він має забезпечувати ефективність, точність і безпеку процесів [1-2].

Роботи в автомобілебудуванні застосовуються для автоматизації таких процесів як: зварювання, монтаж компонентів, фарбування, тестування та перевірка якості.

Для ефективного виконання завдань на виробничих лініях автомобільного виробництва роботи повинні володіти низкою важливих характеристик:

- вантажопідйомність – здатність переносити важкі деталі без втрати точності;
- робочий радіус – достатня відстань для виконання складальних операцій;
- точність і швидкість – необхідні для досягнення високої продуктивності та якості збирання;
- гнучкість – здатність адаптуватися до змінюваних умов виробництва та різних типів завдань;
- безпека – можливість безпечної взаємодії з людьми без потреби в складних захисних бар'єрах або із мінімальними вимогами до захисту/

Ці характеристики є основними критеріями, які визначають вибір промислового робота для різних етапів виробничих процесів. Врахування цих аспектів дозволяє оптимізувати роботу робототехніки на виробничих лініях, підвищуючи ефективність і якість процесів [3].

Серед провідних виробників роботів, що застосовуються у виробництві легкових автомобілів, можна виділити ABB, KUKA, FANUC, Universal Robots, Staubli, Yaskawa, Mitsubishi та Kawasaki.



SECTION 14.

AUTOMATISATION ET INSTRUMENTATION

На етапі зварювання промислові роботи використовуються для автоматичного виконання точного зварювання кузова автомобіля. Роботи ABB IRB 6700, мають високу вантажопідйомність і точність, що дозволяє їм виконувати зварювальні роботи на великих деталях автомобільних корпусів.

Для виконання масштабних складальних робіт, таких як обробка великих деталей і компонентів під час автомобілебудування, широко застосовуються роботи ABB IRB 6700. Ця модель зарекомендувала себе як потужний маніпулятор із вантажопідйомністю до 235 кг та робочим радіусом до 3,2 м. Інтелектуальні можливості й гнучкість робота дозволяють адаптувати його для виконання різноманітних завдань, зокрема транспортування частин кузова, зварювання та монтажу моторів. Висока точність і здатність працювати з важкими матеріалами роблять ABB IRB 6700 незамінним у процесах, які потребують максимальної надійності і швидкості.

ABB IRB 6700 оптимізований для виконання великих і складних завдань, таких як зварювання великих кузовних компонентів або переміщення важких деталей. Це робить його ідеальним для великих підприємств із необхідністю обробки значних обсягів продукції. Висока вантажопідйомність і великий радіус дії дозволяють роботу одночасно виконувати кілька операцій, що знижує витрати на додаткові системи та обладнання. Крім того, це скорочує потребу в залученні додаткової робочої сили, адже робот бере на себе складні технологічні процеси.

Завдяки використанню ABB IRB 6700 значно знижується ризик травм серед працівників, оскільки робот може виконувати небезпечні завдання, такі як обробка важких частин автомобіля чи робота з небезпечними матеріалами. Це сприяє підвищенню безпеки праці, адже оператори контролюють процес за допомогою сучасного інтерфейсу, який забезпечує простоту й комфорт у роботі.

Роботи ABB оснащені високотехнологічними системами моніторингу стану, що включають виявлення несправностей, відстеження втомних механізмів і попередження про можливі збої. Це дозволяє мінімізувати простой виробництва. Хоча обслуговування включає заміну деталей, таких як прокладки, з'єднувачі та кабелі, висока надійність ABB IRB 6700 знижує частоту поломок, що сприяє мінімізації загальних витрат на підтримку. Віддалене діагностування та моніторинг також допомагають зменшити витрати, адже технічні перевірки часто можна здійснювати без фізичної присутності техніків.

IRB 6700 використовує передові технології для керування силою і моментом, що забезпечує максимальну точність у виконанні завдань. Інтеграція з інтелектуальними системами управління процесами дозволяє зменшити втрати й підвищити ефективність. Такі технології роблять ABB IRB 6700 ключовим елементом у великих виробничих лініях.

Гнучкість IRB 6700 дозволяє швидко адаптуватися до змін у виробничих вимогах. Завдяки високій потужності та адаптивності робот ефективно функціонує навіть в умовах швидко змінюваних виробничих середовищ, забезпечуючи стабільність і продуктивність [2; 4].

Для автоматизації складання, пакування та обробки матеріалів широко застосовується робот KUKA KR AGILUS. Цей високошвидкісний маніпулятор має вантажопідйомність до 6 кг і радіус дії до 700 мм, що робить його ідеальним для точних і швидких операцій на монтажних лініях. Завдяки компактній конструкції KR AGILUS здатний працювати в обмеженому просторі, що є критично важливим для великих виробничих потужностей. Висока точність і швидкість роботи дозволяють ефективно виконувати делікатні завдання, зокрема складання дрібних компонентів автомобілів.

У фарбувальних процесах роботи KUKA KR AGILUS забезпечують рівномірне нанесення покриття на кузови автомобілів, що потребує високої швидкості та точності. Крім того, ці роботи застосовуються для тестування готових автомобілів: вони вимірюють товщину матеріалів, перевіряють герметичність та проводять функціональні випробування.

KUKA KR AGILUS є одним із найшвидших і найефективніших роботів у своєму класі. Його висока швидкість дозволяє ефективно працювати на лініях із жорсткими вимогами до темпів виробництва, знижуючи витрати часу та підвищуючи продуктивність. Робот здатен функціонувати без перерв, що зменшує витрати на робочу силу та сприяє зростанню обсягів виробництва.

Завдяки високій точності й здатності виконувати складні маніпуляції, KR AGILUS мінімізує людське втручання на небезпечних виробничих ділянках, зменшуючи ризик травматизму. Це дозволяє операторам зосереджуватися на інтелектуально складних завданнях, відкриваючи можливості для професійного розвитку працівників.

Як і інші роботи KUKA, KR AGILUS оснащений вбудованими діагностичними системами для моніторингу стану в реальному часі. Програмні засоби для віддаленого моніторингу та діагностики сприяють оперативному виявленню проблем і скороченню часу на відновлення. Періодичне обслуговування включає перевірку механізмів, змащення та заміну зношених частин, таких як обмежувачі сили, роз'єми, кабелі та сенсори. Завдяки високій надійності KR AGILUS і можливості дистанційного моніторингу загальні витрати на технічне обслуговування залишаються низькими.

Робот підтримує інтуїтивно зрозумілу систему управління та програмування, включаючи 3D-візуалізацію для планування та аналізу рухів. Інтеграція з іншими автоматизованими системами значно підвищує



SECTION 14.

AUTOMATISATION ET INSTRUMENTATION

ефективність складних виробничих процесів. Завдяки своїй швидкості, гнучкості й точності, KUKA KR AGILUS успішно функціонує в умовах змінного виробничого середовища.

Компактна конструкція та здатність адаптуватися до різних завдань роблять KR AGILUS особливо цінним для підприємств, що працюють у гнучкому виробництві, де швидко змінюються вимоги.

KUKA KR FORTEC Series вирізняється надзвичайною потужністю, що дозволяє успішно виконувати завдання з транспортування і монтажу великих автомобільних компонентів, таких як кузови чи двигуни. Висока вантажопідйомність разом із точністю переміщення забезпечують надійність цих роботів у процесах з високими вимогами до продуктивності. Крім того, їхню універсальність можна оцінити у широкому спектрі операцій, включаючи зварювання та обробку матеріалів, що робить їх важливим елементом сучасних автомобільних заводів.

Типові моделі цього типу роботів, які знайшли широке застосування включають KR 600 FORTEC та KR 1000 Titan, які ефективно працюють із великими і важкими автомобільними компонентами [2; 5].

Однією з найбільш універсальних моделей роботів у автомобілебудуванні є FANUC M-20iA. Цей робот із вантажопідйомністю до 20 кг і радіусом дії до 1811 мм ідеально підходить для транспортування важких деталей і виконання монтажних операцій. Його перевагами є оснащення новітніми системами безпеки та здатність працювати в обмеженому просторі, наприклад, на лініях складання кузовів. Ефективність і інтелектуальне управління роботом дають йому суттєву перевагу в умовах масового виробництва.

FANUC M-20iA широко використовується для автоматичного складання різних компонентів автомобілів, включаючи двигуни, системи охолодження та електроніку. Завдяки високій точності він здатен виконувати складні операції з великою швидкістю, що покращує якість і продуктивність виробничих процесів.

Застосування FANUC M-20iA значно знижує ризики для працівників у небезпечних виробничих процесах. Наприклад, роботи ефективно виконують зварювальні завдання або обробку великогабаритних частин кузова, що раніше створювало загрозу для здоров'я людей. Це дає можливість операторам зосередитися на моніторингу роботи робота, підвищуючи загальний рівень безпеки.

Завдяки своїй потужності та універсальності FANUC M-20iA ідеально підходить для маніпуляцій із важкими компонентами або виконання монтажних завдань на різних етапах виробництва. Його можливість

працювати цілодобово без перерв значно знижує витрати на робочу силу, водночас підвищуючи ефективність виробництва. Модульна система управління забезпечує легке інтегрування нових компонентів, що гарантує довгострокову економічну ефективність.

FANUC M-20iA оснащений системою моніторингу стану робочих механізмів і підтримує функцію віддаленого діагностування. Це дає змогу технічному персоналу оперативно виявляти потенційні проблеми, зменшуючи потребу у фізичних перевірках. Регулярне обслуговування включає перевірку, калібрування та заміну компонентів, таких як редуктори чи електронні плати. Висока надійність робота FANUC значно знижує частоту поломок, що, у свою чергу, зменшує витрати на обслуговування. Оновлення програмного забезпечення автоматично додатково сприяє зниженню витрат.

Серед переваг FANUC M-20iA – вбудовані технології автоматичної корекції траєкторії, що підвищують точність і знижують ймовірність помилок. Додатково робот підтримує функції машинного навчання, що робить його оптимальним вибором для умов, які вимагають адаптації до високої варіативності продукції.

Його гнучкість і широкий робочий діапазон дозволяють швидко адаптуватися до змін у виробничих лініях. FANUC M-20iA можна легко переналаштувати на нові типи продукції без значних витрат на модернізацію, що робить його цінним ресурсом для сучасного виробництва.

FANUC LR Mate Series демонструє високу адаптивність у виробничих процесах, що вимагають роботи у вузьких просторах. Завдяки компактним розмірам ці роботи забезпечують оптимізацію використання виробничих площ. Вони широко застосовуються у складанні дрібних автомобільних компонентів, де необхідна висока точність. Швидкість виконання операцій і низьке енергоспоживання роблять їх економічно ефективним рішенням, що сприяє зменшенню виробничих витрат при одночасному підвищенні продуктивності.

Застосовуються такі моделі цього типу роботів як LR Mate 200iD та LR Mate 200iD/7L, відомі своєю компактністю та універсальністю для складальних операцій [2; 6].

Universal Robots UR10e є ідеальним вибором для гнучкої автоматизації завдань, що потребують співпраці з людьми. З вантажопідйомністю до 10 кг і робочим радіусом до 1300 мм, цей робот виконує широкий спектр завдань, включаючи складання й переміщення деталей. Завдяки простоті програмування та здатності швидко адаптуватися до змін у виробництві, UR10e став популярним вибором для підприємств автомобілебудування. Його можливість колаборативної роботи знижує витрати на створення захисних

SECTION 14.

AUTOMATISATION ET INSTRUMENTATION

бар'єрів, роблячи його доступним навіть для компаній із невеликим бюджетом.

UR10e особливо підходить для малих і середніх підприємств, оскільки поєднує високу продуктивність із доступністю. Вантажопідйомність у 10 кг забезпечує універсальність для завдань на кшталт складання, перевірки якості чи пакування. Простота програмування та інтеграції в існуючі виробничі процеси дозволяють швидко налаштувати роботу під нові умови, значно знижуючи витрати на обладнання й програмне забезпечення.

Робот може працювати без перерви, що зменшує потребу в тривалих змінах і знижує навантаження на персонал. Завдяки своїй гнучкості та здатності працювати у тісних умовах UR10e легко інтегрується у дрібносерійне виробництво або вузькі простори, де автоматизація раніше була складною. Це сприяє зниженню ризику травм, забезпечуючи високу продуктивність без значних витрат на робочу силу.

UR10e оснащений вбудованою діагностикою, що дозволяє виявляти технічні проблеми на ранніх етапах. Завдяки модульній конструкції обслуговування робота є простим і недорогим: окремі компоненти можна легко замінювати. Підтримка віддаленого моніторингу спрощує технічні перевірки й додатково знижує витрати на обслуговування.

UR10e інтегрується з технологіями машинного навчання та демонструє здатність адаптуватися до змінних умов завдяки гнучкому програмуванню. Ці інновації роблять робота оптимальним вибором для підприємств, які потребують високої гнучкості за мінімальних витрат.

Завдяки простоті налаштування та інтеграції в різні виробничі середовища UR10e вирізняється серед інших роботів. Його здатність швидко адаптувати виробничі лінії без значних витрат робить його цінним для малих і середніх підприємств.

Universal Robots UR5e представляють покоління колаборативних роботів, здатних взаємодіяти з операторами без необхідності в складних захисних системах. Їхнє просте програмування дозволяє швидко налаштувати їх для виконання нових завдань, що особливо цінно в умовах гнучкого виробництва, характерного для автомобільної галузі. Висока точність і безпечна співпраця з людьми роблять UR5e незамінними для виконання складальних операцій або створення прототипів, де необхідна підвищена адаптивність.

Роботи UR5e підходить для завдань, які потребують меншої вантажопідйомності, наприклад, складання дрібних деталей або тестування на відміну від UR10e, які краще підходить для завдань, що потребують більшої вантажопідйомності та досяжності, наприклад, пакування чи обробка великих деталей. Завдяки тому, що UR10e трохи більший і важчий, ніж UR5e [7].

Роботи Staubli TX2 Series демонструють виняткові характеристики для високошвидкісних операцій із фарбування або нанесення покриттів. Висока точність маніпуляцій, навіть із найдрібнішими деталями, дозволяє використовувати їх у процесах, що потребують максимальної акуратності. Їхня компактність сприяє інтеграції у виробничі лінії з обмеженим простором, при цьому забезпечуючи безперервність та стабільність виробничих процесів.

Популярними моделями цієї марки роботів є TX2-60 та TX2-90, які забезпечують високу швидкість і точність для фарбувальних або складальних операцій [8].

У автомобілебудуванні широко використовуються роботи Yaskawa Motoman MH24 для складання, транспортування, зварювання та фарбування. Вони вирізняються високою швидкістю, точністю та вбудованою системою моніторингу. Завдяки вантажопідйомності до 24 кг і радіусу дії до 1730 мм ці роботи ідеально підходять для вирішення складних завдань [2; 9].

Роботи Mitsubishi RV-7FR відзначаються високою продуктивністю, компактним дизайном і простотою інтеграції. Вони розроблені для складання, пакування та обробки матеріалів. Попри вантажопідйомність до 7 кг і радіус дії до 927 мм, ці роботи демонструють значну ефективність у багатьох виробничих процесах [10].

Роботи Kawasaki RS007N виділяються своєю високою точністю, швидкістю та зручністю у програмуванні. Вони активно використовуються у складанні, зварюванні та обробці матеріалів. При вантажопідйомності до 7 кг і радіусі дії до 730 мм ці роботи забезпечують оптимальне поєднання продуктивності й компактності [11].

Отже, розвиток інноваційних технологій, таких як штучний інтелект і Інтернет речей, надає нові можливості для автоматизації в автомобільному виробництві. Серед ключових аспектів сучасних роботів для цієї галузі варто відзначити системи моніторингу стану. Завдяки можливостям віддаленого моніторингу та діагностики роботи вчасно виявляють потенційні проблеми, що сприяє мінімізації простоїв і оптимізації технічного обслуговування.

Інтеграція машинного навчання та штучного інтелекту є ще одним важливим аспектом. Ці технології дозволяють роботам самостійно оптимізувати свої дії, швидко адаптуватися до змінюваних умов і приймати рішення в реальному часі, що значно покращує їх функціональність у складних виробничих процесах.

Розглянуті роботизовані системи найвідоміших компаній роботів для виробництва легкових автомобілів ABB, KUKA, FANUC, Universal Robots, Staubli, Yaskawa, Mitsubishi та Kawasaki сприяють значному підвищенню ефективності й безпеки в масовому виробництві легкових автомобілів, забезпечуючи оптимальне поєднання технологій для досягнення високих результатів.

SECTION 14.

AUTOMATISATION ET INSTRUMENTATION

Вони використовуються для різноманітних завдань у виробничих процесах автомобілебудування, включаючи складання, зварювання, фарбування, тестування та перевірку якості, допомагаючи підвищити продуктивність, знизити витрати та забезпечити безпеку праці.

Кожна з цих моделей роботів оптимізована для різних етапів виробництва легкових автомобілів, від складання дрібних деталей до транспортування великих елементів. Якщо потрібно додатково дослідити можливості цих моделей, я можу допомогти підготувати відповідний огляд.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

- [1] Fedik, L. Y., & Hunko, Y. L. (2024). Аналіз найбільш поширених промислових роботів світових лідерів Epson, Yamaha і Panasonic. *Міжвузівський збірник «Наукові нотатки»*, (77), 175–180. <https://doi.org/10.36910/775.24153966.2024.77.27>. Retrieved March 19, 2025, from https://eforum.lntu.edu.ua/index.php/naukovi_notatky/article/view/1454
- [2] Fedik, L. Y., & Hunko, Y. L. (2024). Аналіз промислових роботів світових лідерів FANUC, YASKAWA, ABB, KUKA. In *XI Всеукраїнська науково-практична конференція з автоматичного управління, присвяченої Дню ракетно-космічної галузі України: Збірник наукових праць* (pp. 34–36). Kherson – Khmelnytskyi: FOP Vishemyrskyi V. S. ISBN 978-617-8187-11-8 (електронне видання)
- [3] Siciliano, B., Sciavicco, L., Villani, L., & Oriolo, G. (2009). *Robotics: Modelling, Planning and Control*. Springer. Retrieved March 20, 2025, from https://people.disim.univaq.it/~costanzo.manes/EDU_stuff/Robotics_Modelling,%20Planning%20and%20Control_Sciavicco_extract.pdf
- [4] ABB. (n.d.). Robots. ABB. Retrieved March 20, 2025, from <https://new.abb.com/products/robotics/robots>
- [5] KUKA. (n.d.). *KUKA official website*. Retrieved March 20, 2025, from <https://www.kuka.com/?form=MG0AV3>
- [6] FANUC. (n.d.). *FANUC official website*. Retrieved March 20, 2025, from <https://www.fanuc.com/?form=MG0AV3>
- [7] Universal Robots. (n.d.). *Universal Robots official website*. Retrieved March 20, 2025, from <https://www.universal-robots.com/?form=MG0AV3>
- [8] Staubli. (n.d.). *Staubli official website*. Retrieved March 20, 2025, from <https://www.staubli.com/europe/en/home.html?form=MG0AV3>
- [9] Yaskawa Motoman. (n.d.). *Yaskawa Motoman official website*. Retrieved March 20, 2025, from <https://www.motoman.com/en-us?form=MG0AV3>
- [10] Mitsubishi Electric. (n.d.). *RV-7FR Series robotic systems*. Retrieved March 20, 2025, from <https://emea.mitsubishielectric.com/fa/products/rbt/robot/vertical/rvfr-series/rv-7fr-d.html?form=MG0AV3>
- [11] Kawasaki Robotics. (n.d.). *RS007N robotic systems*. Retrieved March 20, 2025, from <https://kawasakirobotics.com/eu-africa/products-robots/rs007n/?form=MG0AV3>.