

УДК 62-8

А.В. Касьян, О.С. Ганпанцурова, О.П. Губарев

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

### Особливості конструкцій приводів для роботизованих систем

Робототехніка останнім часом розповсюджується на всі сфери життя та виробництва. Набирає обертів розроблення інноваційних рішень для широкого спектру роботизованих систем – від тягових і рульових систем для мобільних роботів до спільного позиціонування, регулювання та керування електричним захватом чи медичним обладнанням. Роботи мають різноманітні індивідуальні рішення для двигунів, приводів, передач та механічних приводів, щоб задовольнити будь-які вимоги споживачів. За тенденцію можна визнати збільшення різноманіття спеціалізованих роботів: сільськогосподарські, військові, інспекційні, хірургічні, побутові, автономні мобільні роботи, роботи-кур'єри, гуманоїди, і нарешті, промислові (рис. 1) [1].

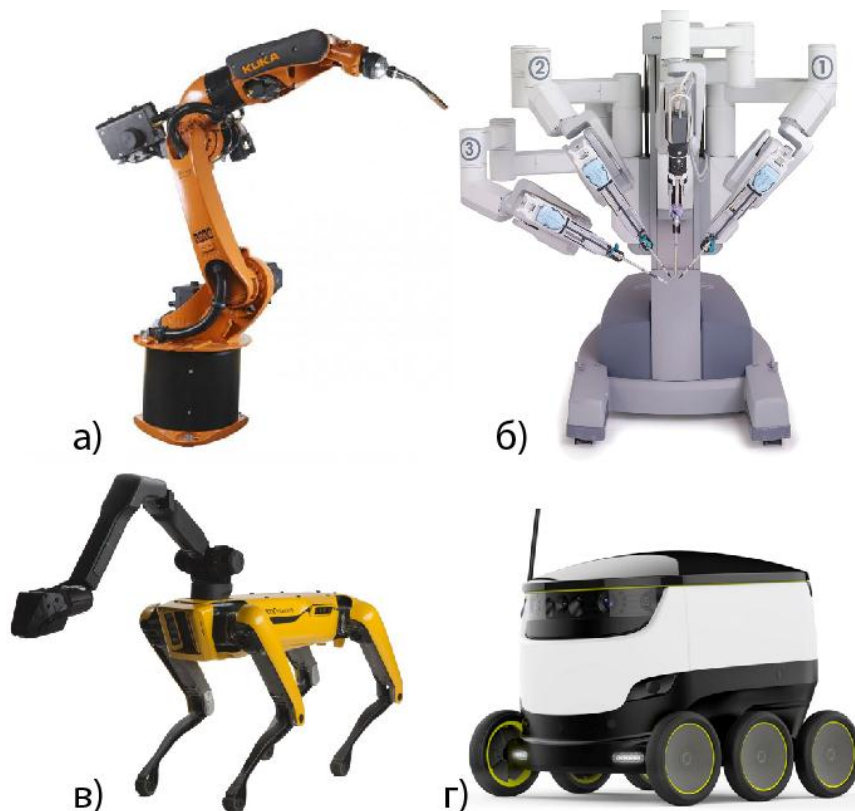


Рис.1. Приклади промислових роботів:

а – зварювальний робот KUKA; б – робот-хірург; в – крокуючий робот Boston Dynamics; г – робот-кур'єр

На сьогоднішній день в робототехніці використовуються різноманітні типи приводів (пневматичний, механічний, гідравлічний, електричний тощо). В залежності від галузі використання робота, функцій та експлуатаційних умов, до складу системи можуть входити як приводи одного типу, так і їх комбінації. Комбінування дозволяє максимально використовувати переваги окремих типів приводів. Так, в промислових роботах (ПР) застосовують комбінацію пневматичного і гідравлічного приводів (пнеумогідравлічні і гідропневматичні), а також електричного і гідравлічного (електрогідравлічні). У конструкціях ПР пнеумогідравлічні приводи мають обмежене застосування. У них в якості виконавчого органу використовується пнеумодвигуни, а стабілізація швидкості та жорстка фіксація чи захват об'єктів здійснюється гідроприводом. Відомі приклади, коли у гідропневматичному приводі в якості виконавчих двигунів застосовують гідродвигуни, а пнеумосистема разом з пнеумогідравлічним перетворювачем застосовується для створення необхідного тиску в гідросистемі, що дозволяє відмовитися від гідронасосних станцій [2]. Для розуміння використання того чи іншого типу приводу в залежності від функцій і умов експлуатації, проаналізуємо більш детально їх переваги та недоліки.

Аналіз моделей парку вітчизняних і зарубіжних роботів дозволяє встановити, що частка гідравлічних приводів не перебільшує 10%. Гідравлічні роботи використовують, в першу чергу, завдяки великій та надвеликій вантажопідйомності [2]. Крім того, саме гідравлічні приводи використовують для здійснення глибоководних робіт (наприклад, при будівництві та обслуговуванні нафтових платформ) (рис. 2, [3]).

Використання гідроприводу в робототехніці обумовлено рядом його переваг – високою швидкістю; можливістю плавного безступінчастого регулювання швидкості вихідної ланки; високою питомою потужністю; можливістю тривалих зупинок під навантаженням; можливістю створення великих крутних моментів при малих швидкостях руху; відсутністю додаткових кінематичних ланцюгів між вихідною ланкою приводу і робочим органом робота тощо. В той же час більш широке розповсюдження гідроприводу обмежується основними його недоліками: використання в якості робочого тіла рідини вимагає створення спеціальних насосних установок, що різко збільшує масу конструкції робота; необхідність періодичної заміни робочої рідини, що вимагає зупинки

роботи системи; необхідність стабілізації температури робочої рідини для забезпечення необхідних робочих характеристик.

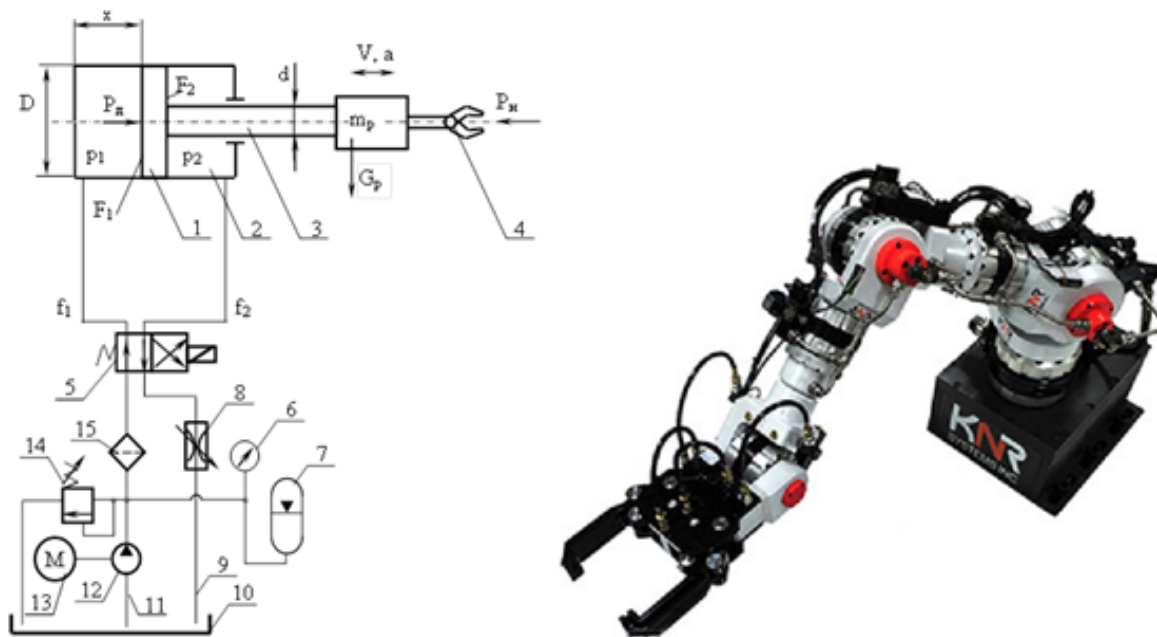


Рис. 2. Приклад промислового робота на основі гідроприводу:

1 – поршень; 2 – циліндр; 3 – шток; 4 – пристрій для захвату; 5 – гідророзподільник; 6 – манометр; 7 – акумулятор; 8 – дросель; 9 – зливний трубопровід; 10 – бак; 11 – напірний трубопровід; 12 – гідронасос; 13 – електродвигун; 14 – запобіжний клапан; 15 – фільтр [2]

Промислові роботи з пневматичними приводами мають вантажопідйомність в середньому до 20 кг (при потужності 60-800 Вт) для одного ступеня рухливості [2].

Вони знайшли широке застосування в машинобудуванні. Якщо мова заходить, наприклад, про автомобілебудування, то агрегати застосовують для перенесення вузлів, установки коліс, крісел, скла, дверей і так далі. У хімічній галузі пневматичний робот також широко використовується. Він незамінний, коли потрібно працювати з сипучими матеріалами у вибухонебезпечних зонах. Навіть в харчовій промисловості не обійтися без транспортування мішків, коробок, вихідної сировини і так далі. Консольний маніпулятор ідеально справляється з цією роботою. При виробництві будівельних матеріалів агрегат використовують, щоб переміщати продукцію або напівфабрикати з одного місця в інше. У деревообробній сфері маніпулятори допомагають швидше справлятися з перенесенням листового матеріалу [4].

Не зважаючи на невелику вантажопідйомність, пневматичні приводи отримали поширене використання в робототехнічних системах завдяки своїм перевагам – простоті і надійності конструкцій; високій швидкодії; безпечності при роботі в харчовій і фармацевтичній галузях; простоті здійснення прямолінійних рухів із можливістю безступеневої зміни швидкості руху; можливості використання стисненого повітря із заводської пневмомережі без встановлення додаткового обладнання тощо. Тим не менш, у пневматичних приводів є суттєві недоліки, наприклад, складність точного позиціонування вихідної ланки (можливе лише при наявності додаткового вартісного обладнання); неможливість нерухомо утримувати навантаження; обмежена вантажопідйомність за рахунок параметрів робочих тисків (0,4...0,6 МПа), що призводить до більших габаритних розмірів виконавчих двигунів порівняно з гідроприводом; необхідність прокладання пневматичних ліній до рухомих елементів тощо.

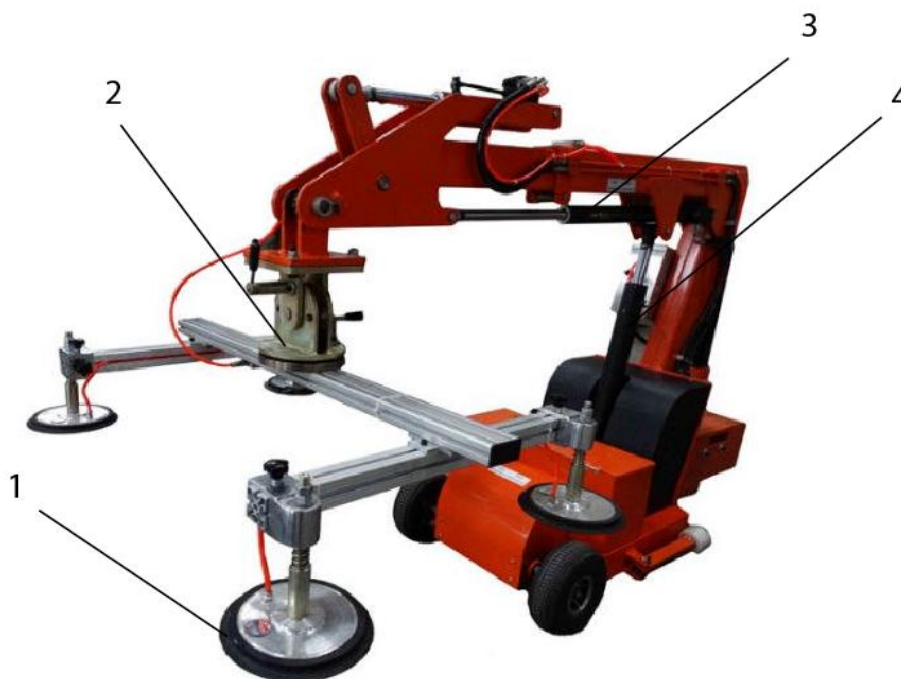


Рис. 3. Приклад промислового робота на базі пневмоприводу:  
1 – вакуумний захват; 2 – неповноповоротний мотор; 3 – пневмоциліндр 1;  
4 – пневмоциліндр 2

На сьогоднішній день найбільш розповсюдженим в робототехніці є саме електричний привод. Вони не застосовуються тільки в роботах, призначених для роботи у вибухонебезпечних середовищах і для роботи з машинами, оснащеними

гідросистемами, з міркувань уніфікації. Електроприводи нових серій - це приводи з високомоментними двигунами постійного струму, асинхронними двигунами, безколекторними двигунами постійного струму і силовими кроковими двигунами. Електроприводи цих серій в великому діапазоні моментів забезпечують підвищену максимальну швидкість, мають поліпшені масо-габаритні показники.

Крокові електродвигуни застосовуються в приводах машин і механізмів, що працюють в режимі руху «Старт-Стоп», або в приводах безперервного руху, де керуючий вплив задається послідовністю електричних імпульсів, наприклад, в верстатах з ЧПУ. На відміну від сервоприводів, крокові приводи дозволяють отримувати точне позиціонування без використання зворотного зв'язку від датчиків кутового положення. Проте, сервопривід має кращу керованість та точність ходу під час виконання завдань з позиціонування. Він має зворотній зв'язок по положенню, моменту та іншим параметрам, що дозволяє точно керувати рухом [5].

Таблиця 1.

Порівняння типів приводів за функціональними можливостями [2]

Тип приводу	Пневматичний	Гідравлічний	Електричний
Вантажопідйомність	Легка і середня (до 20 кг)	Середня та важка	Середня
Число ступенів рухомості	2...3	3...4	3...6
Питома потужність двигуна кВт/кг	до 0,3	0,6...0,7	0,015...0,125
ККД	До 0,8	0,7...0,8	0,7...0,9
Швидкість лінійного переміщення	до 10000 мм/с	0,8...1200 мм/с	до 2000 мм/с
Податливість приводу при статичному навантаженні	до 10 мм	до 1 мм	не передбачено
Режими роботи (в основному)	Цикловий	Контурний	Позиційний, контурний

Основні переваги електроприводів наступні: компактна конструкція двигунів; сумісність з електронно-електричною системою керування, висока швидкодія; високий крутний момент на максимальній швидкості; висока точність (за рахунок систем зворотного зв'язку); відносно низький рівень шуму і вібрації. Але певні недоліки, тим не менш, дозволяють гідроприводам та пневмоприводам успішно конкурувати з електричним приводом. К ним зокрема відносяться: залежність швидкості вихідної ланки від навантаження, що призводить до необхідності створення додаткових контурів регулювання; обмежене використання у вибухонебезпечних середовищах; неможливість тривалий час тримати навантаження без руху вихідної ланки; складність створення захисних контурів; наявність додаткового кінематичного ланцюга між електродвигуном і робочим органом роботи [6].

На даний момент не існує однозначного рішення що до переваг та недоліків того чи іншого типу приводу. Порівняльний аналіз особливостей кожного з типів приводів (табл. 1) дозволяє розробнику обрати найбільш раціональний тип в залежності від характеристик системи та умов її експлуатації. В той же час не слід забувати, що на сьогоднішній день найбільш перспективним варіантом вирішення складних задач є створення мехатронних електрогідравлічних роботів та маніпуляторів, в яких поєднуються переваги електро- та гідроприводів.

Окрім перелічених переваг чи недоліків за основними показниками, розробник системи приводів роботу чи маніпулятора має враховувати ряд практичних чинників – традиції галузі, вартість і довговічність обладнання, придатність до модернізації, зручність в експлуатації, сумісність з іншим обладнанням за параметрами та типом енергозабезпечення, сумісність засобів і системи керування, можливість інтеграції до існуючих автоматизованих об'єктів. Таким чином перед розробником постає багатопарова техніко-економічна задача, і оцінка очікуваної ефективності розв'язку для неї є актуальною проблемою. Її розв'язок повинен визначати для кожної розробки перелік впливових показників, який може базуватись на розгляді наступного комплексу:

1. Вартість (урахування терміну експлуатації без модернізації чи ремонту, терміну окупності, робочого часу).
2. Тип пристрою (стаціонарний, мобільний).

3. Енергозабезпечення (під'єднання до існуючої мережі чи розробка нового блоку, обмеження по габаритах чи технічних параметрах).

4. Вантажопідйомність (легка, середня, важка).

5. Зовнішнє навантаження (технологічні навантаження, тип об'єкту, що переміщується, відстань).

6. Середовище експлуатації (хімічна агресивність, вологість, запиленість, рівень радіації, вибухонебезпечність, коливання опори).

7. Характер руху робочого органу (траєкторія, швидкодія, точність, рівномірність руху).

8. Структурні розміри, габаритні та вагові показники.

9. Характер взаємодії з іншим обладнанням.

10. Взаємодія з людиною (керування).

11. Тип виконавчих дій (цикловий, позиційний, контурний, контурно – позиційний).

12. Гнучкість системи (можливість швидкого переналагодження чи роботи з широким діапазоном зміни параметрів).

13. Діагностика (наявність кваліфікованого персоналу для швидкої діагностики, наявність можливості доступу без зупинки всього виробництва, можливість дистанційної діагностики).

Проведений аналіз дозволяє зробити висновок, що при модернізації існуючих роботомеханічних систем та проектуванні нових роботів актуальною є задача раціонального вибору типів приводів та їх комбінацій. При цьому необхідно враховувати не тільки такі традиційні показники як навантаження, швидкість руху, прискорення, умови експлуатації, а також і більш специфічні – можливість адаптуватись до зміни вхідних параметрів, вартість експлуатації, особливості та традиції галузі тощо. Планується сконцентруватись на розробці методики раціонального вибору типу або комбінацій приводів, яка буде визначати та враховувати потрібний набір факторів впливу та параметрів і дозволить проектувальнику підвищувати ефективність розроблюваних конструкцій, підвищувати якість вибору та скоротити час проектування.

## Список використаних джерел

1. Robotics Applications [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.electrocraft.com/motors-for/robotics/>.
2. Приводы промышленных роботов [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://studizba.com/lectures/1-avtomatizaciya/39-osnovy-robototekhniki-ustroystvo-robotov/587-lekcii-3-privody-promyshlennyh-robotov.html>.
3. HYDRA-UW (Hydraulic Robot Arm – Underwater) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.knrsys.com/portfolio/hydraulic-based-robot-3/#!>.
4. Пневматические манипуляторы [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://www.rekord-eng.com/avtomatizaciya/pnevmaticheskie\\_manipulyatory/](https://www.rekord-eng.com/avtomatizaciya/pnevmaticheskie_manipulyatory/).
5. Proportional, high-response and servo valves [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://www.boschrexroth.com/ru/ru/products\\_10/product\\_groups\\_10/industrial\\_hydraulics\\_4/proportional-high-response-and-servo-valves](https://www.boschrexroth.com/ru/ru/products_10/product_groups_10/industrial_hydraulics_4/proportional-high-response-and-servo-valves).
6. Белянін П. Н. Автоматические манипуляторы и робото-технические системы / Белянін П. Н., 1989. – (Машиностроение). – (Проектирование и разработка промышленных роботов).