

# **Промислова автоматика для початківців: промислові роботи**

**Тут наведено стислий огляд промислових  
роботів для початківців.**

Цей вступний курс призначений для отримання основних знань із промислової робототехніки користувачами-початківцями, які не знайомі з промисловими роботами.

Цей курс складається із зазначених нижче розділів.  
Рекомендується починати з розділу 1.

**Розділ 1. Що таке промислові роботи?**

Вивчення основних відомостей про промислові роботи, зокрема про їх призначення, типове використання та приклади застосування.

Слово «робот» зазвичай викликає в уяві образи людиноподібних роботів. Це зумовлено впливом мультиплікації, аніме та масової культури, де роботи зазвичай зображуються у вигляді фантастичних людиноподібних машин.

У межах цього курсу обговорюється не згаданий тип роботів, а промислові роботи.

Тож що таке промисловий робот?

- (1) Визначення терміна «промисловий робот»
- (2) Переваги використання промислових роботів
- (3) Безпека під час використання промислових роботів



**Визначення терміна «промисловий робот»**


Згідно з визначенням, наданим ISO (Міжнародною організацією зі стандартизації), промисловий робот — це «автоматично керований, перепрограмований маніпулятор, програмований за трьома і більше осями».

\*Слово «маніпулятор», що використовується тут, позначає пристрій, який функціонує подібно до людської руки та виконує різні робочі завдання.

Почувши термін «промисловий робот», більшість людей уявляє вишикуваних у ряд роботів на лінії з виробництва автомобільних деталей або зі збирання електронних виробів, яких показують по ТБ.



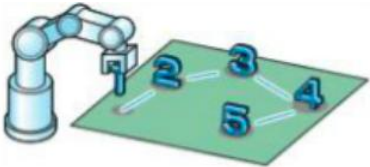
Проте, згідно з наведеним вище визначенням, типовим прикладом промислового робота може слугувати будь-яка спеціалізована машина з механічною рукою, що нагадує підйомний кран, керована ПЛК або аналогічним пристроєм.

Ці роботи відрізняються від непромислових роботів (персональних роботів), таких як ті, що використовуються в побуті або для домашньої автоматизації та розваг.

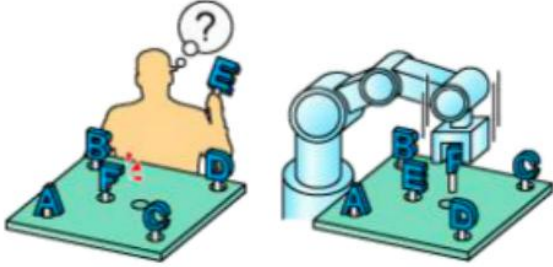


Роботи, що використовуються в повсякденні, наприклад, для домашньої автоматизації, розваг, прибирання приміщень тощо, не належать до сімейства промислових роботів

## Переваги використання промислових роботів

Переваги	Функціонування роботів	У порівнянні з людиною	У порівнянні зі спеціалізованими машинами
Можуть використовуватися для підвищення продуктивності	<p>Роботів можна використовувати для переміщення предметів з одного місця в інше. На відміну від людини, роботи можуть працювати без перерви 24 години на добу 7 днів на тиждень. Роботи здатні повторювати однакове переміщення предметів з дуже високою швидкістю.</p> 	<p>◎ (відмінно)</p> <p>Необхідний певний опис очевидних для людини понять, наприклад: трикутника, кола, двох кіл тощо.</p>	<p>△ (відносно погано)</p> <p>Проте, ◎ (відмінно) для спеціалізованих роботів, що виконують зварювання, нанесення герметиків та подібні роботи.</p>
Високий ступінь гнучкості в експлуатації	<p>Можуть зберігати програми для декількох моделей виробу. Можливе миттєве перемикання операцій при зміні моделей. Можуть використовуватися для виконання складних операцій.</p> 	<p>○ (добре)</p> <p>Необхідність навчання різним операціям для різних моделей створює додаткові труднощі для операторів.</p>	<p>◎ (відмінно)</p> <p>Індивідуально виготовлені для спеціальних цілей машини позбавлені гнучкості в експлуатації. Ефективність роботи досягається у машин, призначених для обробки тільки однієї деталі.</p>
Просте оновлення та перевстановлення	<p>При необхідності рухи робота можна вільно змінити.</p> 	<p>○ (добре)</p>	<p>◎ (відмінно)</p> <p>Модифікація індивідуально виготовлених для спеціальних цілей машин з метою виконання інших функцій є надзвичайно дорогою.</p>

Переваги	Функціонування роботів	У порівнянні з людиною	У порівнянні зі спеціалізованими машинами
<p>Швидкий запуск систем.</p> <p>Скорочення часу налаштування перед запуском через малу кількість пов'язаних із ним проблем.</p>	<p>Моделі загального призначення мають велику кількість ступенів рухливості.</p> <p>Їхня висока надійність доведена попереднім рекордним встановленням інших моделей.</p> 	<p>△ (відносно погано)</p>	<p>© (відмінно)</p> <p>Спеціалізовані машини виготовляються за спеціальним замовленням, що потребує додаткового часу на проектування та виготовлення.</p>
<p>Сприяють запобіганню ризику отримання виробничих травм працівниками.</p>	<p>Роботи повторюють рухи рук та кистей оператора. (Вони здатні виконувати складніші рухи.)</p> 	<p>© (відмінно)</p>	<p>Те саме</p>

Переваги	Функціонування роботів	У порівнянні з людиною	У порівнянні зі спеціалізованими машинами
Звільнення людини від виконання простих операцій та можливість виконання більш складних.	Без зупинки та безвідмовно виконують роботу в точній відповідності до інструкцій. Однак поступаються з точки зору універсальності.	© (відмінно)  Підвищення ефективності роботи операторів, які безперервно виконують прості завдання, може бути складним завданням.	Те саме
Можуть використовуватися для підвищення якості виробів.	Роботи завжди виконують операції однаково, що виключає можливість виникнення помилок при збиранні деталей та інших подібних проблем.  	○ (добре)  Повне виключення помилок оператора є дуже складним навіть у разі досвідченого оператора.	Те саме

Таблиця 1.3-1

**Безпека при роботі з промисловим роботом**

Під час роботи промислового робота його маніпулятор переміщується з боку в бік.

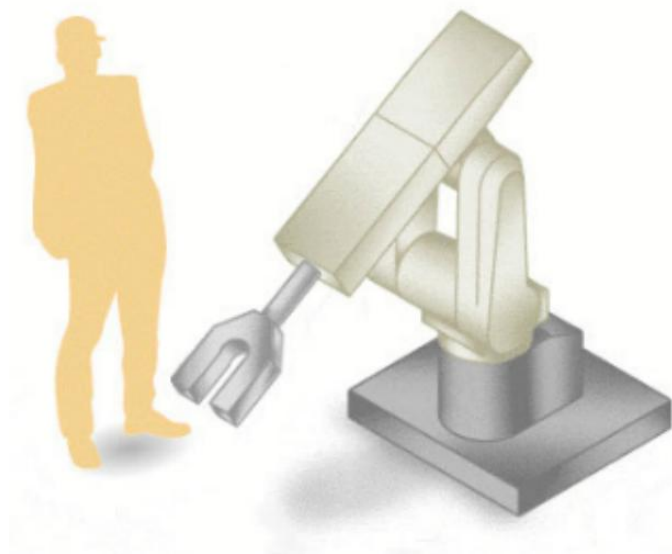
На перший погляд, ці рухи складно передбачити. При експлуатації роботів використовуються захисні пристрої.

У процесі встановлення робота, на етапі його навчання, операторам доводиться наблизитися до робота впритул, щоб запрограмувати його.

У минулому при проведенні подібних операцій промислові роботи завдавали операторам травм у результаті зіткнень, защемлень тощо.

В останні роки операції за участю промислових роботів (подробиці описані в розділах «Навчання промислових роботів та подібні операції» та «Випробування промислових роботів») почали класифікуватися як небезпечні операції, що потребують спеціальної попередньої підготовки операторів.

Тепер законодавство вимагає від компаній встановлення захисних пристосувань, наприклад, огорож для запобігання контакту з обладнанням, розробки, прийняття та суворого дотримання стандартів роботи, а також вжиття інших заходів безпеки під час керування. (У Японії)



**Типи промислових роботів**

Основні типи промислових роботів можуть класифікуватися наступним чином:

- (а) Класифікація за механікою
- (б) Конструкція та застосування

Останнім часом роботи стають дедалі складнішими, що ускладнює їхню класифікацію з використанням простих категорій.

З цієї причини в назвах таких виробів використовуються фрагменти «(б) Механічна конструкція» та «позначення серії виробу».

Прикладом можуть слугувати назви серій роботів Mitsubishi Electric: RV-SQ/SD — для вертикальних роботів із шарнірною рукою та RH-SQH/SDH — для горизонтальних роботів із шарнірною рукою.

Крім того, роботи певного призначення також можуть об'єднуватися в серії за областю їх застосування. Прикладами можуть слугувати серії роботів-палетизаторів та роботів для чистих приміщень.



Вертикальний робот  
із шарнірною рукою  
серії RV-SQ/SD



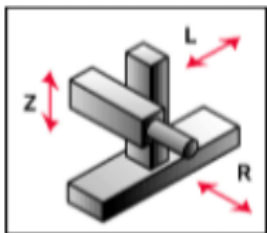
Горизонтальний робот  
із шарнірною рукою  
серії RH-SQH/SDH

## Універсальні моделі промислових роботів

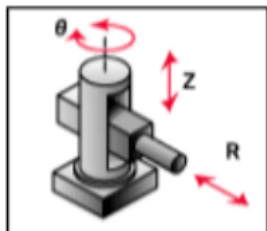
Номер	Назва	Визначення зі стандартів JIS	Опис	
2110	Робот послідовної дії	Робот із системою керування, яка після завершення попереднього стану генерує новий робочий стан, змінюючи робочий стан машини згідно із заданою послідовністю та заданими умовами.	Робот, який переходить до наступної стадії роботи в послідовному порядку відповідно до заздалегідь заданої інформації (послідовностей, умов, ранжування тощо).	
2120	Робот із відтворенням програми	Робот, якого можна використовувати для повторюваного виконання функціональної програми, збереженої за допомогою навчальної програми.	Робот, який отримує інформацію про послідовність операцій, умови, ранжування тощо у процесі навчання, під час якого його приводить у рух оператор, а потім виконує операції, повторюючи рухи відповідно до цієї інформації.	
2130	Робот із числовим програмним керуванням	Робот, який отримує інформацію про послідовність операцій, умови, ранжування тощо у вигляді цифрових, мовних та інших даних, а не повторюючи виконані оператором рухи, після чого виконує операції відповідно до цієї інформації.	Робот, у якому спеціалізованою мовою запрограмовані послідовності операцій, умови та інша інформація, або робот, який приймає числові координати положення, працюючи відповідно до запрограмованої інформації.	
2140	Робот зі штучним інтелектом	Робот, який самостійно визначає свою поведінку за допомогою штучного інтелекту.	Робот, що володіє штучним інтелектом, тобто демонструє когнітивні здібності, здатність до навчання, абстрактного мислення, адаптації до зовнішнього середовища та інші інтелектуальні здібності.	
	2141	Робот із сенсорним керуванням	Робот, який використовує в роботі інформацію, отриману від сенсорної системи.	Робот, що отримує від сенсорної системи інформацію, на підставі якої він визначає порядок роботи.
	2142	Робот з адаптивним керуванням	Робот, оснащений функціями адаптивного керування.	Робот, оснащений функціями адаптивного керування, які можна використовувати для зміни керування та інших властивостей робота у відповідь на зміну стану зовнішнього середовища та інших факторів.
	2143	Робот, що навчається	Робот, оснащений функціями керування із самонавчанням.	Робот, оснащений функціями керування із самонавчанням, які використовуються для відображення досвіду роботи та пов'язаної інформації з метою відповідного виконання операцій.

**Механічна конструкція промислового робота (1)**

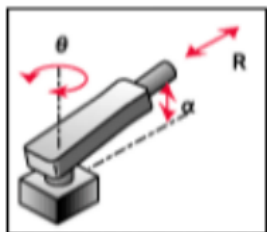
Варіанти механічної конструкції та їх застосування

**Робот, що працює в декартовій системі координат**

Визначення	У механічній конструкції руки робота, що працює в декартовій системі координат, є три лінійні з'єднання, розташовані вздовж осей декартової системи координат.
Опис	Ці роботи мають високу жорсткість конструкції та точність позиціонування, що полегшує керування ними. Швидкість переміщення не надто висока. Зона обслуговування менша за простір, який займає робот. Оптимально підходять для встановлення/зняття заготовок* на/з машину(-и) технологічної лінії, виконання операцій, що потребують двокоординатного позиціонування, високої точності, а також операцій палетування. * «заготовка» означає предмет, призначений для обробки.

**Робот, що працює в циліндричній системі координат**

Визначення	У механічній конструкції руки робота, що працює в циліндричній системі координат, є принаймні одне обертальне з'єднання та одне лінійне з'єднання, що забезпечують переміщення в циліндричній системі координат.
Опис	Зона обслуговування знаходиться не тільки попереду, а й з боків від робота, проте переміщення вздовж верхньої та нижньої діагоналей обмежене, що ускладнює використання для виконання складних операцій, наприклад, операцій над об'єктом з усіх його боків. Ці роботи мають високу жорсткість конструкції, точність позиціонування та відносно прості в керуванні. Вищі лінійні швидкості на кінці руки досягаються завдяки обертальним з'єднанням. Оптимально підходять для операцій переміщення, таких як встановлення заготовок на машини та укладання предметів у ящики.

**Робот, що працює в декартовій системі координат**

Визначення	Роботи, що працюють у циліндричній та сферичній системах координат, перестають експлуатуватися, тому не потребують розгляду.
Опис	Зона обслуговування знаходиться зверху та знизу, при цьому руки робота, повертаючись вгору та вниз, можуть досягати положень над і під роботом. Також можливе виконання операцій над об'єктом з усіх його боків у межах досяжності. Їх не можна використовувати для переміщення таких важких предметів, які можуть переміщувати роботи інших типів. Оптимально підходять для виконання операцій у відносно важкодоступних місцях, наприклад, для точкового зварювання, фарбування та контурної обробки. (Останнім часом роботи з конструкцією цього типу використовуються рідко).

Механічна конструкція промислового робота (2)

Варіанти механічної конструкції та їх застосування

### Робот із шарнірною рукою

Визначення	Робот, у механічній конструкції руки якого є принаймні три обертальні з'єднання.
Опис	Можливість доступу до об'єкта з будь-якого боку дозволяє оператору завести руку робота за об'єкт, а зона обслуговування, в якій можуть виконуватися складні операції, виходить за межі простору, що займає робот. Оптимально підходять для виконання з високою швидкістю операцій, під час яких руки робота виконують обертальні рухи. Використовуються у складальних операціях, для переміщення вздовж складних кривих поверхонь та для інших подібних завдань.

Нижче перелічені шарнірні роботи, які є найбільш часто використовуваними промисловими роботами.

### Вертикальний робот із шарнірною рукою

Приклад: сімейство вертикальних роботів із шарнірною рукою серії RV-SQ/SD виробництва Mitsubishi Electric

До цього типу зазвичай належать роботи, які називають простими шарнірними роботами.

Конструктивно їхня рука нагадує людську, що робить їх найбільш придатними для заміни людини.

### Горизонтальний робот із шарнірною рукою

Приклад: сімейство горизонтальних роботів із шарнірною рукою серії RH-SQH/SDH виробництва Mitsubishi Electric

Руки цих роботів переміщуються горизонтально, і тільки кінець руки переміщується вгору та вниз уздовж рухомої осі. Їх також називають скалярними роботами (SCARA). Їхні руки мають високу жорсткість у вертикальній площині (з невеликим брязкотом), а в горизонтальній площині переміщуються вільно. Вони оптимально підходять для складальних операцій, таких як встановлення деталей та затягування гвинтів.

**Керування/Програмування**

Як згадувалося вище, існує дуже велика кількість різноманітних промислових роботів. У межах цього курсу неможливо описати кожен із їхніх типів.

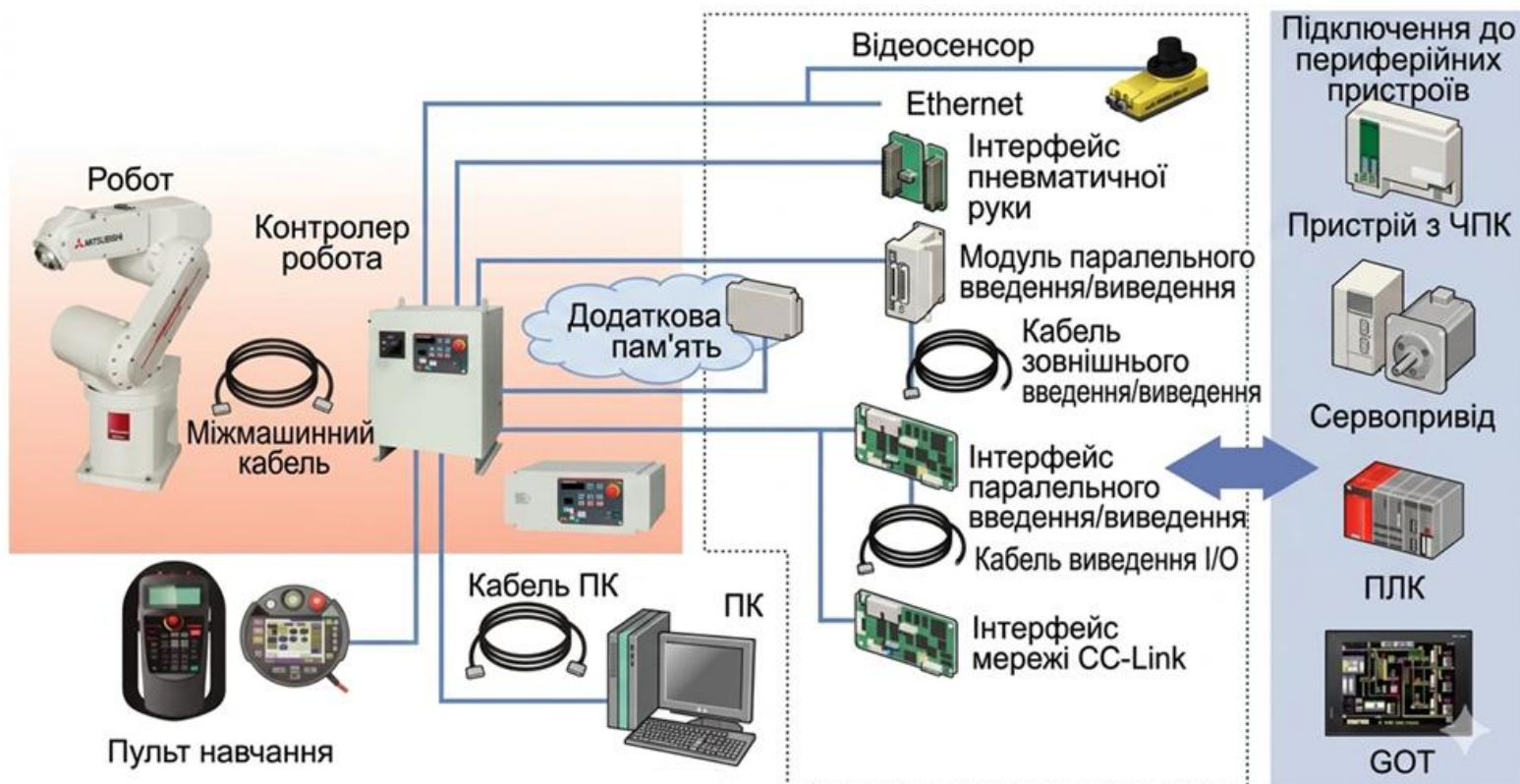
Нижче наведено огляд процесів керування роботами та їхнього програмування для налаштування їхньої конфігурації на прикладі промислових роботів Mitsubishi Electric.

- (a) Конфігурація промислового робота
- (b) Ручне керування та керування за допомогою пульта навчання
- (c) Керування з використанням програмування

## Конфігурація промислового робота

Нижче показана стандартна структура промислового робота.

1. Корпус робота
2. Контролер робота
3. Пульт навчання (пульт керування, що використовується для запуску робота та його навчання позиціям)
4. Міжмашинний кабель (кабель, що використовується для з'єднання роботів)
5. Інструменти для виконання операцій (захоплювальні пристрої тощо)
6. Інше
  - ПК для програмування / з'єднувальний кабель
  - Соленоїдні клапани, пневмурукави та інші деталі для переміщення рук і т.д.
  - Кабелі, інтерфейси введення/виведення тощо для під'єднання робота до периферійних пристроїв



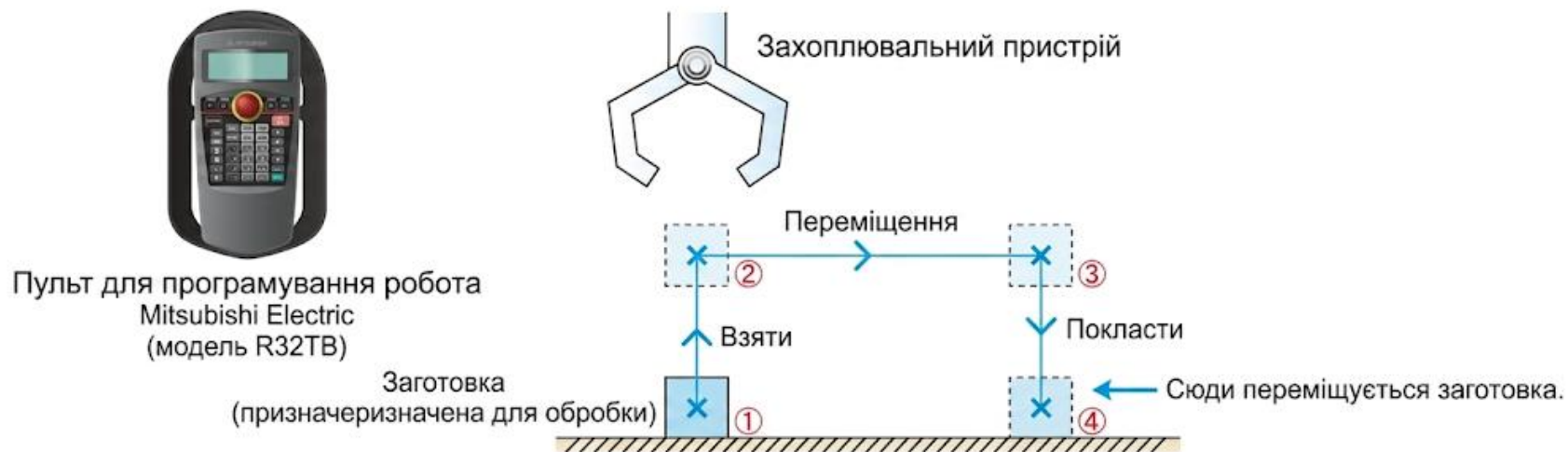
**Ручне керування та керування за допомогою пульта навчання**

Зазвичай для навчання робота робочим точкам (позиціям, положенням) використовується пульт навчання. Останній пульт навчання можна використовувати не тільки для навчання позиціям, але також і для створення нових програм.

Під час виконання операцій за допомогою пульта навчання оператори часто наближаються до робота для завершення заданих операцій.

Тому пульти навчання оснащуються функціями забезпечення безпеки для різних моделей

<Приклад з операцією "взяти та покласти">

**Процедури**

- Пульти навчання використовуються для навчання робота робочим точкам у правильному порядку їх проходження під час роботи.  
Тобто пульти навчання використовуються для додавання/збереження точок вручну (ручне керування).
- За їхньою допомогою задаються умови роботи (відкриття/закриття захоплювального пристрою, швидкість роботи тощо) для кожної робочої точки.

Керування з використанням мови програмування роботів

Різні виробники роботів використовують різні мови програмування.

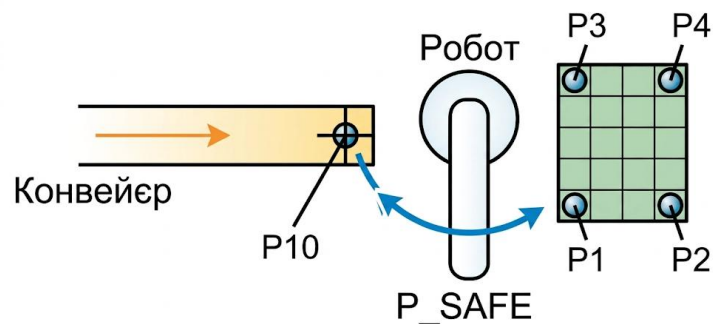
Крім того, навіть в одного виробника вони також можуть залежати від сфери застосування, серії роботів та інших факторів.

Щоб дати уявлення про мови програмування роботів, тут наведено приклад програмування операції палетування мовою MELFA-BASIC, що використовується для програмування роботів Mitsubishi Electric.

(Палетування означає операцію зняття заготовок з конвеєра та укладання їх на палети згідно із заданими правилами).

<Програмовані умови>

- Положення зупинки, в якій деталі знімаються з конвеєра, присвоюється позначення P10.
- Коли в положенні зупинки знаходиться заготовка, на роботу має подаватися сигнал IN8.
- Робота починається з початкового положення P\_SAFE і закінчується в ньому.
- Чотири кути палети позначаються P1, P2, P3 та P4.
- Відстань наближення до точки захоплення/відділення заготовки має становити 50 мм (1,97 дюйма).
- Швидкість лінійної інтерполяції має становити 300 мм/с (11,8 дюйма/с), решта операцій повинна виконуватися на максимальній швидкості.



Номер	Програма	Коментар
1	DEF PLT 1,P1,P2,P3,P4,4,5,1	Перший рядок програми містить опис палети 1 (PLT1), що складається з точок P1 — P4 і розташована в області 4x5 (20 різних палет). Дані в останньому рядку розташовані в порядку збільшення їхнього індексу (в порядку збільшення значення відповідного лічильника).
2	MOV P SAFE	MOV позначає операцію кускової інтерполяції.
3	SPD 300	Швидкість лінійної інтерполяції дорівнює 300 мм/с (11,8 дюйма/с).
4	HOPEN 1	HOPEN1 та HCLOSE1 — це команди відкриття/закриття для захоплювального пристрою 1.
5	M1=1	Ініціалізація лічильника палет.
6	*LOOP	Встановлення мітки (повторюване позиціонування).
7	WAIT M_IN(8)=1	Очікування системою надходження вхідного сигналу 8.
8	MOV P10,-50	Команда MOV P10, -50 переміщує руку в позицію за 50 мм (1,97 дюйма) перед точкою P1.
9	MVS P10	Команда MVS позначає операцію лінійної інтерполяції.
10	DLY 0.2	Встановлення таймера на 0,2 с.
11	HCLOSE 1	
12	DLY 0.3	
13	MVS,-50	Команда MVS, -50 переміщує руку на 50 мм (1,97 дюйма) від поточної позиції.
14	P100=PLT 1,M1	M1 використовується як лічильник палет.
15	MOV P100,-50	-50 та інші числа використовуються, щоб задавати величину переміщення руки по осі Z координат інструмента.
16	MVS P100	
17	DLY 0.2	Команда DLY встановлює таймер.
18	HOPEN 1	
19	DLY 0.3	
20	MVS,-50	
21	M1=M1+1	Підрахунок здійснюється збільшенням значення лічильника.
22	IF M1<=20 Then *LOOP	Якщо значення лічильника (кількість деталей) менше або дорівнює 20, операція повторюється.
23	MOV P SAFE	Коли виконання операцій завершено, рука переміщується в точку P_SAFE.
24	END	

Типи операцій, що виконуються промисловими роботами, визначаються типом інструмента, закріпленого на кінці руки робота.

Наприклад:

- На роботі-складальнику встановлена рука із хватом (що нагадує людську)
- До руки робота для дугового зварювання прикріплений пальник для дугового зварювання
- До руки фарбувального робота прикріплений пістолет-фарборозпилювач
- До руки робота, що видаляє задирки, прикріплений шліфувальний інструмент

Те саме стосується й інших роботів.

Залежно від типу операції використовуються різні спеціалізовані програми, панелі оператора та різна технологічна інформація, а у встановлених для кожного типу застосування категоріях наразі існують різні сфери. (Роботи для спеціалізованих операцій)

Під час вибору типу робота враховуються необхідне для виконання запитуваної операції положення, зона обслуговування, вага предметів, які повинен переміщувати робот, умови експлуатації та інші фактори.

Зазвичай чим більша кількість осей, тим складніше положення може приймати робот.

Багато 4-координатних горизонтальних роботів із шарнірною рукою (SCARA) часто застосовуються для складання та інших операцій, що виконуються роботом внизу.

Багато 6-координатних вертикальних роботів із шарнірною рукою застосовуються для виконання складніших операцій.

Нижче наведено кілька прикладів застосування промислових роботів на практиці.

- (1) Палетування
- (2) Дозоване нанесення різних речовин
- (3) Візуальне стеження за виробничою лінією
- (4) Обслуговування верстата
- (5) Робота в чистому приміщенні

### Палетування

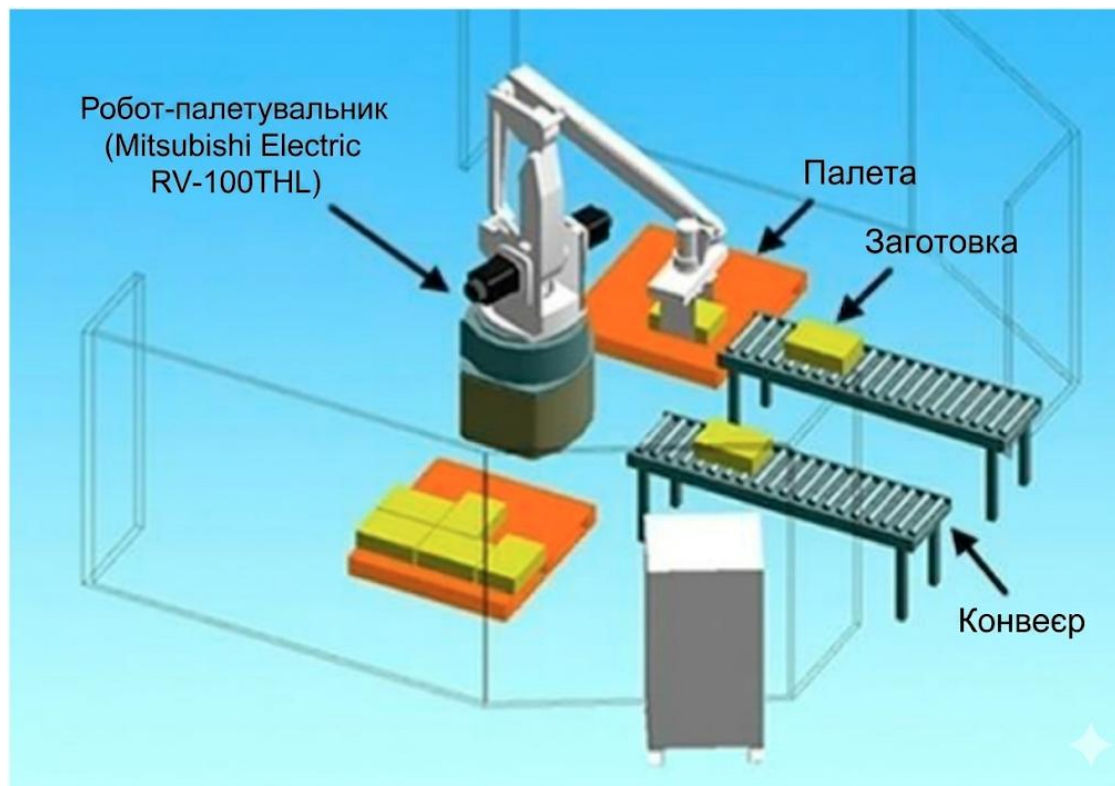
Палетування здебільшого застосовується в процесі відвантаження виробів на підприємствах та складах.

Операція палетування полягає в групуванні предметів та їх укладанні на палети або в контейнери для подальшого відвантаження чи складського зберігання.

Збирання та відвантаження великої кількості виробів вручну є дуже трудомісткими та неефективними.

Використання робота-палетувальника дозволяє оператору швидко збирати на палети в потрібному порядку велику кількість виробів.

Наприклад, робот-палетувальник Mitsubishi Electric RV-100TH можна використовувати для переміщення предметів вагою до 100 кг (або 200 фунтів, включаючи вагу руки).



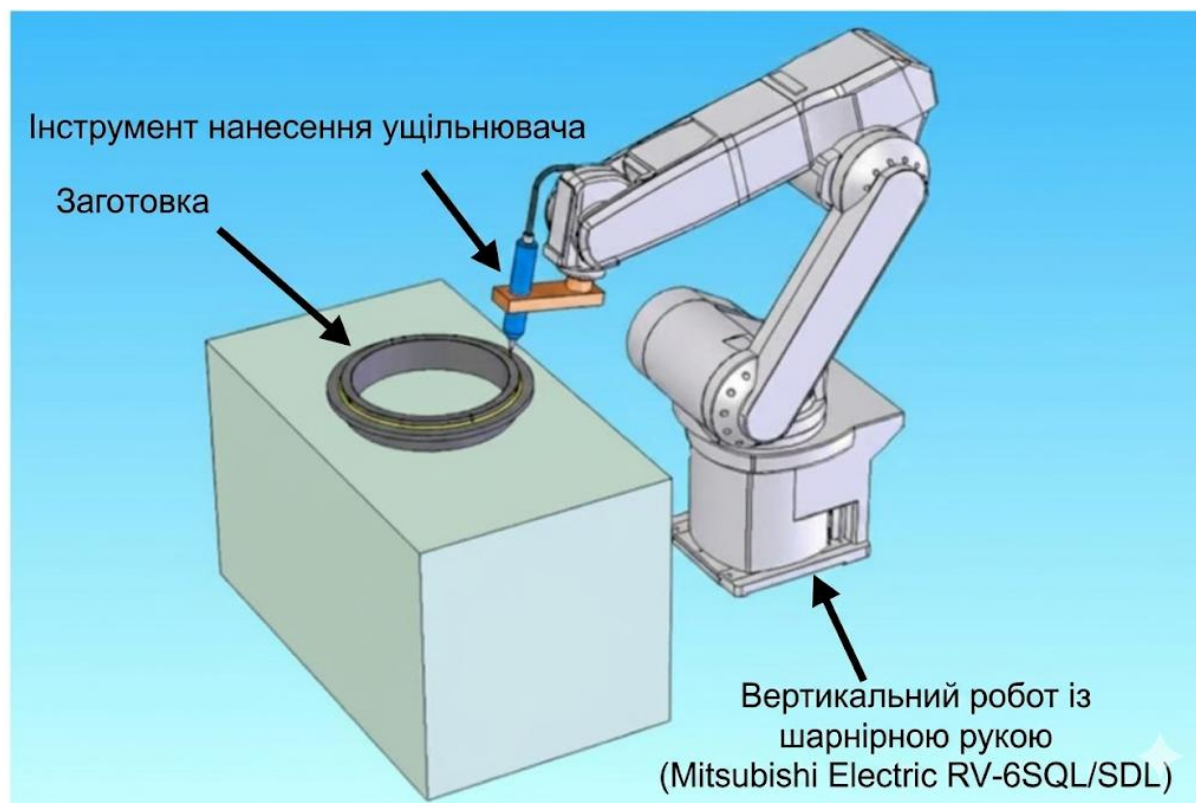
**Дозоване нанесення різних речовин**

Роботи оснащуються спеціальними головками, які кріпляться до кінців їхніх рук, і використовуються для таких операцій, як нанесення герметизуючих та ущільнюючих речовин, восків та інших речовин.

Такі матеріали необхідно наносити на ущільнювальні поверхні рівномірно та безперервно.

Тому навчальну програму необхідно скласти з урахуванням технології ущільнювальної операції.

Наприклад, необхідно враховувати такі фактори, як момент початку або закінчення нанесення речовини та забезпечення точності дотримання траєкторії.



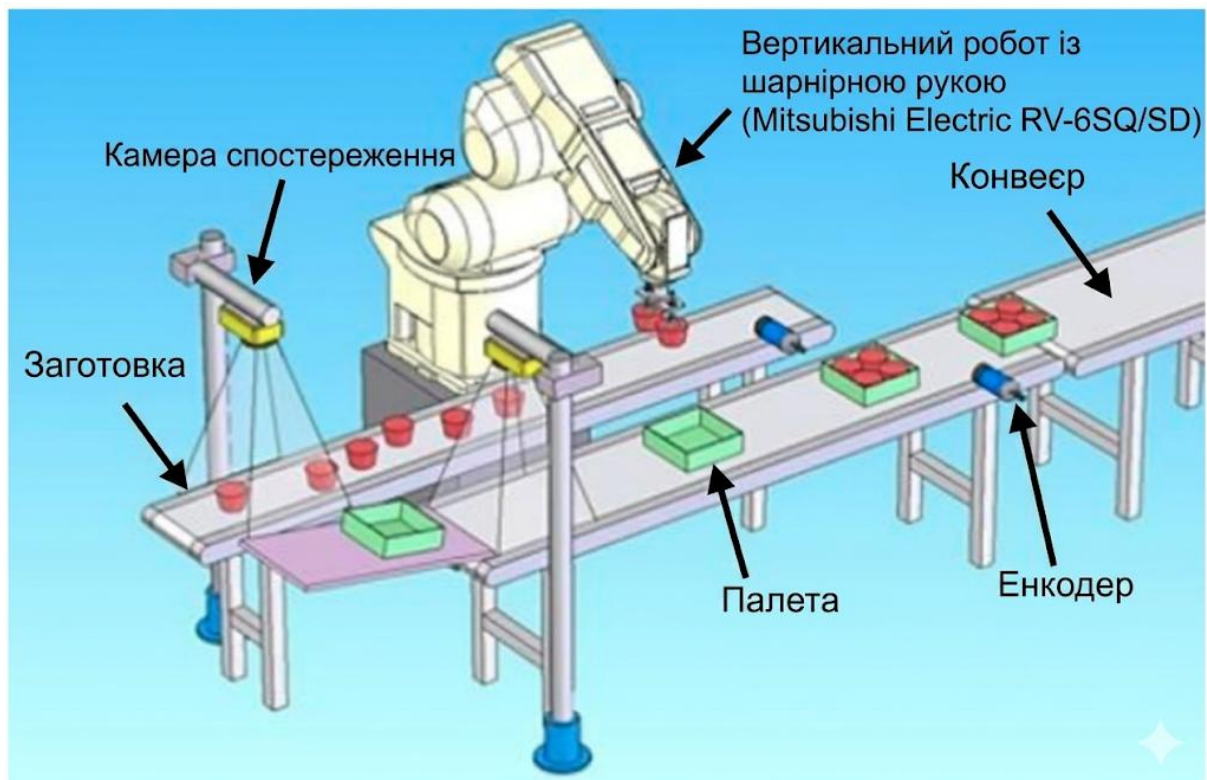
**Візуальне стеження за виробничою лінією**

Під час операції стеження заготовки, що переміщуються конвеєром, знімаються з конвеєра без його зупинки.

У харчовій промисловості потрібне їхнє транспортування з коротким тактовим часом, тому в таких завданнях часто використовуються операції стеження, що не потребують зупинки конвеєра.

У процесі операції стеження на робота подаються імпульсні сигнали з установленого на конвеєрі енкодера, у результаті чого робот відстежує рух конвеєра.

Крім того, щоб відстежувати відхилення положення заготовок на конвеєрі або їхнє випадкове розташування, використовується відеосенсор.



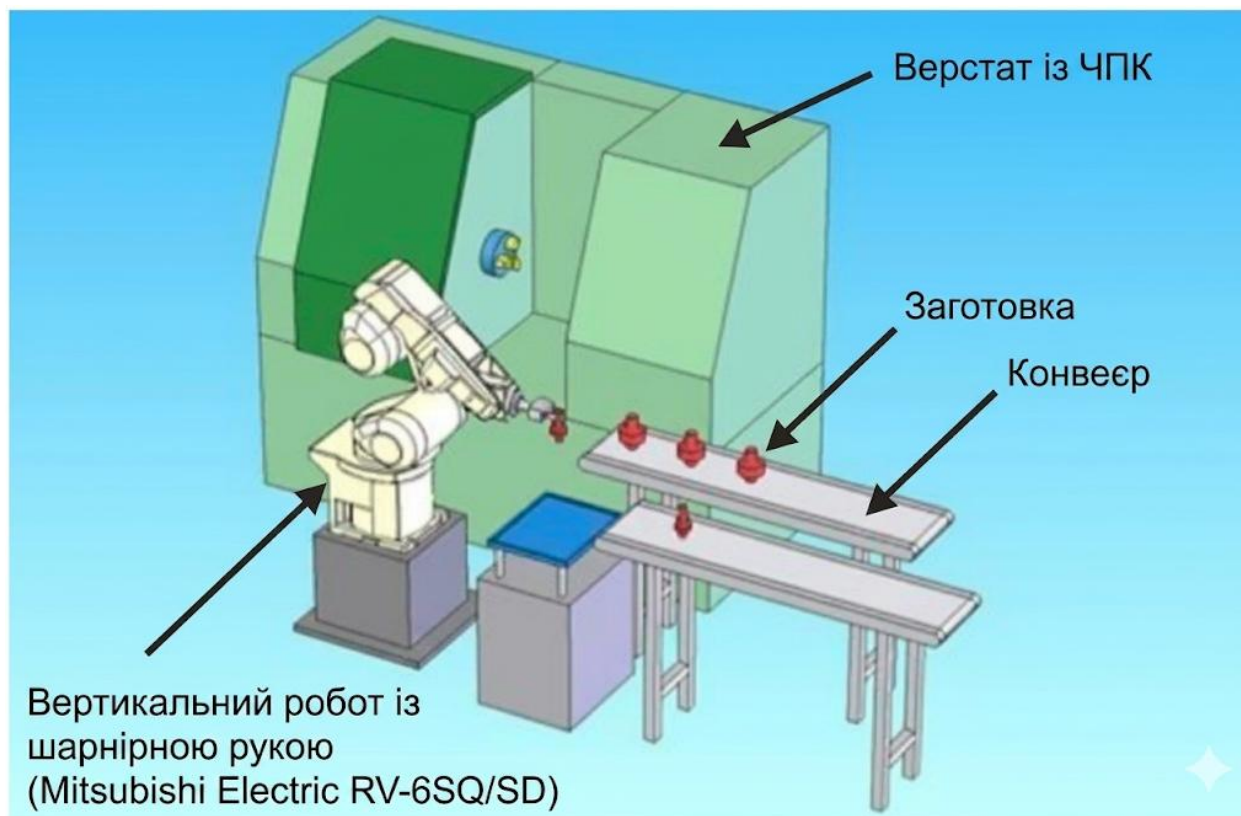
**Обслуговування верстата**

Необроблена заготовка встановлюється в патрон обробної машини (верстата з ЧПК), потім після обробки знімається оброблена заготовка.

Необроблені заготовки транспортуються на конвеєрі. Оброблені заготовки після укладання на палету також транспортуються на конвеєрі.

Встановлення заготовок у верстат та їх викладання на палету можуть бути складними операціями, для яких використовується робот з п'ятьма або шістьма ступенями рухливості.

Для завдань цього типу необхідний робот із конструкцією, захищеною від потрапляння водяного пилу (туману), що утворюється під час роботи верстата.



### Робота в чистому приміщенні

Роботи використовуються в спеціальних зонах, що називаються «чисте приміщення», де потрібна виняткова чистота для таких процесів, як виробництво напівпровідників, рідких кристалів та інших деталей.

Для цього типу завдань використовуються роботи, призначені для чистих приміщень.

Простими словами, робот для чистих приміщень — це робот, у конструкції якого вжито заходів щодо запобігання потраплянню в нього пилу.

Для виготовлення такої конструкції використовуються тільки системи сервоприводу змінного струму, а всі зони обертання ізолювані ущільненнями.

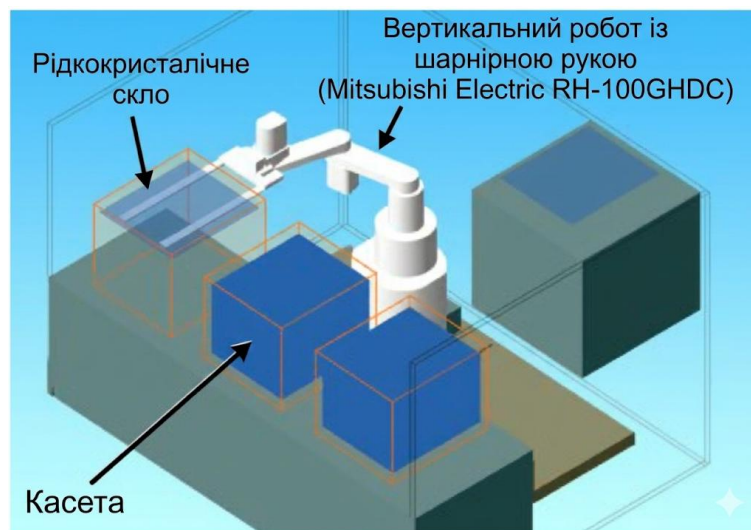
Пил, що накопичується всередині робота, витягується назовні за допомогою вакуумного пристрою.

Рівень запиленості всередині чистого приміщення виражається показником «клас чистоти».

Наприклад, клас чистоти 10 (0,3 мкм) використовується для позначення рівня запиленості з менш ніж 10 частинками пилу діаметром 0,3 мкм і більше на 1 кв. фут (0,0929 кв. м). У міру вдосконалення технологій їх виготовлення розміри напівпровідникових пластин та рідкокристалічних стекол стають дедалі більшими.

Це пов'язано зі зростаючим попитом на здешевлення кристалів інтегральних схем завдяки можливості отримання більшої їх кількості з однієї напівпровідникової пластини, а також зростанням попиту на великі рідкокристалічні панелі.

Наприклад, робот для переміщення скляних рідкокристалічних RH-1000GHDC, що виготовляється Mitsubishi Electric, здатний переміщувати листи скла розміром 1 м на 1 м.



## Офіційний дистриб'ютор в Україні



***ТОВ «КСК-Автоматизація»***

***Адреса: [02660, м. Київ, вул. Євгена Сверстюка, 4-Б](#)***

***Телефон: [+38 \(044\) 494-33-55](#)***

***E-mail: [kck@kck.ua](mailto:kck@kck.ua)***

***Вебсайт: [kck.ua](http://kck.ua)***