

Розділ 2. Промисловий робот як компонент РТС

Основні поняття й визначення ПР. У зв'язку із задачами комплексної автоматизації виробництва велика увага приділяється автоматизації операцій маніпулювання – переміщення й орієнтації об'єктів виробництва та технологічного інструменту. Особливу роль у цьому плані відводиться новому класу технічних засобів із гнучкими технологічними властивостями – промисловим роботам (ПР).

Промисловий робот – автоматична машина, що програмується й використовується у виробничому процесі для виконання рушійних функцій, аналогічних функціям людини, при переміщенні предметів виробництва та технологічної оснастки. Для виконання цих функцій ПР має маніпулятор та пристрій керування.

Маніпулятор – пристрій, призначений для імітації рушійних та робочих функцій руки людини і керований оператором (щодо біотехнічних маніпуляторів) або діючий автоматично. До автоматичних маніпуляторів відносять також автооператори – такі маніпулятори промислового призначення, що мають обмежену кількість ступенів свободи, зазвичай не більше 3-х і діють, на відміну від маніпуляторів ПР, за жорстким циклом.

Предмети виробництва, які переміщуються у просторі маніпулятором, називаються об'єктами маніпулювання. До них належать заготовки, деталі, складальні з'єднання, захватні пристрої, допоміжний, вимірювальний або обробляючий інструмент тощо. До класу роботів можуть бути віднесені й маніпулятори з інтерактивним керуванням – інтерактивні роботи, поперемінно керовані оператором, які діють автоматично. На відміну від біотехнічних маніпуляторів ці роботи мають пристрої пам'яті для автоматичного виконання окремих дій. Залежно від форми участі оператора, інтерактивні роботи можуть діяти в двох режимах: автоматизованому, коли автоматичні режими керування чергуються з біотехнічними; супервізорному, коли всі елементи заданого циклу операцій виконуються роботом автоматично за етапами, причому перехід від одного етапу до іншого здійснюється тільки з дозволу оператора завдяки подачі необхідної цілеспрямованої команди. Інтерактивні роботи, як правило, застосовуються в екстремальних сферах експлуатації, наприклад: обслуговування атомних реакторів, маніпулювання хімічно та вибухонебезпечними речовинами, в умовах техногенних катастроф тощо. Інакше кажучи інтерактивні роботи застосовуються тоді, коли керування маніпулятором потребує втручання людини з міркувань технічної безпеки.

2.1. Класифікація промислових роботів

Класифікація ПР (рис. 2.1) здійснюється за ознаками, суттєвими для розробки їхнього певного типу. За призначенням усі роботи поділяються на групи, з яких клас ПР складають роботи, призначені для автоматизації процесів та операцій в машинобудуванні. За характером виконуваних операцій серед промислових роботів виділяються групи з різними виробничо-технологічними ознаками: виробничі (технологічні), що виконують основні операції технологічного процесу (обробки, складання, зварювання, фарбування, тощо), тобто беруть участь у технологічному процесі як виробляючі чи обробляючі машини; підйомно-транспортні (допоміжні), що використовуються при обслуговуванні основного технологічного обладнання для автоматизації допоміжних операцій встановлення – зняття заготовок, деталей та інструменту, очистки баз деталей та обладнання, живлення конвеєрів, а також на транспортно-складських та інших операціях; універсальні роботи, що виконують різномірні (основні й допоміжні) операції.

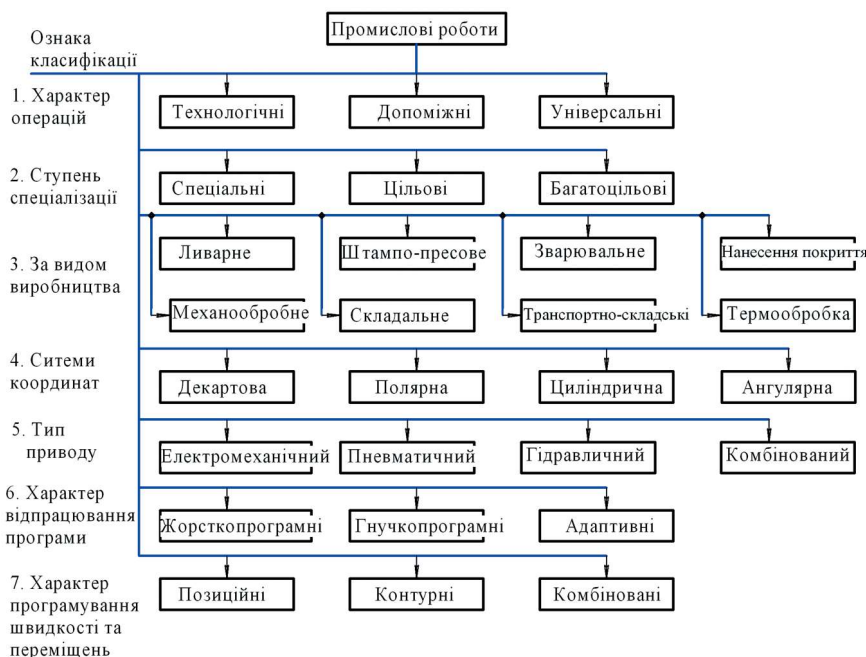


Рис. 2.1. Класифікація промислових роботів

Слід додати, що можлива деталізація даної ознаки ПР як за характером виконуваних ними операцій, так і за ступенем спеціалізації. В останньому випадку універсальні ПР є також і багатоцільовими, тоді як виробничі та підйомно-транспортні промислові роботи можуть бути спеціальними чи спеціалізованими (цільовими). Для спеціальних ПР характерним є виконання тільки окремої технологічної операції або обслуговування конкретної моделі основного технологічного обладнання. Спеціалізовані (цільові) ПР призначені для виконання технологічної операції одного виду: зварювання, фарбування, штабелювання тощо, чи для обслуговування широкої номенклатури моделей основного технологічного обладнання, об'єднаних єдністю маніпуляційних дій.

За видом виробництва відповідно до галузі застосування передбачається класифікація ПР: для ливарного виробництва, ковальсько-пресового обладнання, металорізних верстатів, обладнання цехів металопокриття, складання. Найбільш ефективним є застосування промислових роботів у складі гнучких виробничих модулів (ГВМ), ділень та ліній у поєднанні з автоматизованими верстатами середньої розмірної групи при обробці поштучних заготовок. Основними функціями ПР при цьому є:

- 1) встановлення заздалегідь зорієнтованої заготовки в робочу зону верстата;
- 2) знімання деталі з верстата й укладання її в накопичувач;
- 3) кантування деталі (при необхідності);
- 4) очищення базових поверхонь деталей і пристроїв;
- 5) видача технологічних команд (керування обладнанням), контроль деталей.

Розширення функціональних можливостей ПР може бути забезпечено при застосуванні допоміжних оснастки і механізмів (координатних тактових столів, підйомних платформ тощо). У складальному виробництві промислові роботи застосовуються як для обслуговування автоматичного складального обладнання, а саме: завантаження-розвантаження робочих машин, передача об'єктів складання від одної технологічної позиції до іншої тощо, так і для безпосереднього виконання підготовчих операцій: розконсервація, сушіння, сортування, комплектація; супутніх операцій: гнуття, лудіння, зачищення, рихтування тощо, післяопераційних заходів: випробування, регулювання, маркірування, пакування та власне складальних операцій: з'єднання деталей, згвинчування, запресовування, клепання, клеєння тощо.

Для систематизації різноманітних компоновок маніпуляційної системи ПР використовують узагальнене поняття *системи координат* робота. За видом системи координат розрізняють ПР, що працюють у

Декартові (пласкій та об'ємній), полярній простій (пласкій та об'ємній), а також полярній складній системах координат. Маніпуляційні системи ПР, які працюють у складних плоских полярних і циліндричних або сферичних системах координат, іноді об'єднують в одну групу і називають працюючими у комбінованих системах координат. Ангулярною системою координат, на відміну від сферичної, називають систему в якій відсутні кінематичні пари поступального руху, а мають місце тільки циліндричні чи сферичні кінематичні пари. Ангулярна система координат притаманна людині.

Система координат визначає вид і взаємну орієнтацію переносних ступенів рухомості й форму робочої зони маніпулятора. Крім цих ознак, компоновки ПР з однаковими системами координат можуть відрізнятися між собою послідовністю розташування та дублюванням ступенів рухомості, а також загальною орієнтацією маніпулятора і власне її робочої зони відносно горизонту. Інші класифікаційні ознаки ПР наведено на рис. 2.1 Відзначимо тільки, що функціональні можливості ПР багато в чому визначаються типом системи програмного керування і характером відпрацювання програми. Більшість впроваджених у масове виробництво промислових роботів належить до жорстко програмованих, програма дії яких уміщує повний набір інформації, що не змінюється в процесі їхньої роботи протягом виготовлення партії виробів. При зміні умов навколишнього середовища, з яким взаємодіють такі ПР, можливість коректування програми в автоматичному режимі не передбачається.

Адаптивні ПР здійснюють свої дії з використанням інформації про об'єкти і становище навколишнього середовища в процесі їхньої роботи. Такі роботи передбачають можливість коректування керуючої програми на основі аналізу сенсорної інформації. Гнучкопрограмовані (інтегральні) промислові роботи здатні формувати програму своїх дій на підставі поставленої цілі й інформації про об'єкти та становище навколишнього середовища. У ПР використовуються три типи програмного керування, які класифікуються згідно з характером і дискретністю переміщень ступенів рухомості: 1) позиційні, тобто від точки до точки простору; 2) контурні (по безперервній траєкторії; 3) комбіновані. За типом відображення керуючої інформації системи керування поділяються на циклові, аналогові, числові та аналогово-числові (гібридні). Промислові роботи із цикловим програмним керуванням є найпростішими типами позиційних ПР, програма яких містить інформацію про послідовність переміщень виконавчих механізмів ПР або ще й про їхню швидкість.

В системах аналогового програмного керування інформація задається у вигляді безперервно змінних значень фізичних (аналогових)

величин. В системах числового програмного керування (позиційних і контурних) інформація подається у вигляді цифрових кодів, які зберігаються на швидкозмінному носії.

2.2. Технічні параметри ПР

Основні технічні показники ПР визначаються можливою галуззю застосування й умовами виробництва, для яких призначається робот. Типорозмірні ряди роботів передбачають завдання основних параметрів і встановлення їх розмірних рядів загальномашинобудівного призначення при обов'язковій умові їх придатності для роботи у складі гнучких виробничих модулів, ділянок або ліній. Технологічні можливості та конструкцію ПР визначають такі основні параметри як: вантажопідйомність, число ступенів рухомості, форма і розміри робочої зони, мобільність, похибка позиціонування, тип керуючої системи.

Призначення – це можлива галузь застосування робота в умовах виробництва, для яких він передбачався. Тут визначають значення перелічених параметрів, які входять в технічну характеристику його моделі. За винятком похибки позиціонування та мобільності, значення решти параметрів вводяться в таблиці типажу, а у вигляді відповідних індексів – у позначення моделі промислового робота.

Вантажопідйомність ПР визначається як сумарна вантажопідйомність його маніпулятора і характеризує найбільшу масу об'єктів маніпулювання (включаючи масу захватного пристрою), які можуть переміщуватись рукою в заданих умовах (при максимальній або мінімальній швидкості, максимальному вильоті руки тощо). При використанні ПР з кількома руками поряд із сумарною вантажопідйомністю слід зазначати вантажопідйомність його одної руки.

Промислові роботи і маніпулятори, які випускаються для машинобудування, охоплюють такий ряд серій за вантажопідйомністю:

- 1) надлегку (до 1 кг) – 0,08; 0,16; 0,20; 32; 0,63;
- 2) легку (від 1 до 10 кг) – 1,25; 2,5; 5; 10;
- 3) середню (від 10 до 100 кг) – 20; 40; 80; 100;
- 4) важку (від 100 до 1000 кг) – 160; 250; 320; 500; 1000;
- 5) надважку (понад 1000 кг) – 1250; 1500; 2000; 2500; 3000; 5000; 7500; 10000 (кг).

Ряд цих серій встановлено на підставі аналізу основного складу технологічного обладнання по галузях і розподілу деталей різної маси. Запропонований ряд регламентує максимальне значення вантажопідйомності для кожного типорозміру ПР, яке забезпечується при номінальних значеннях експлуатаційних характеристик, а саме: швидкості переміщень робочих органів маніпуляторів, вильотах руки, похибки

позиціонування тощо.

Для деяких типів промислових роботів важливими показниками є зусилля затиску захвата, удержування об'єкта виробництва, робоче зусилля руки ПР вздовж її поздовжньої осі, крутний момент при ротації захватного пристрою.

Число ступенів рухомості ПР – сума можливих координатних рухів маніпулятора відносно опорної системи (стояка, основи) робота. Визначається воно числом ступенів свободи кінематичного ланцюга відносно ланки, прийнятої за нерухому. Для деяких типів ПР, які використовуються на операціях складання, розпізнавання і вироблення об'єктів, іноді додатково визначають число ступенів рухомості самого захватного пристрою, що дорівнює числу ступенів свободи всіх його ланок відносно вузла кріплення захвату до руки робота.

Робоча зона ПР – простір, в якому при його роботі може знаходитись робочий орган маніпулятора. Лінійні та кутові переміщення рухомих ланок маніпулятора також характеризують робочу зону ПР. При роботі кількох роботів за характеристики робототехнічного комплексу (РТК) приймається зона спільного обслуговування – частина простору, в якому переміщення маніпулятора можуть виконуватись кількома ПР.

Мобільність ПР визначається його можливістю виконувати рухи. За мобільністю ПР поділяють на дві групи; стаціонарні (забезпечують локальні та регіональні переміщення робочих органів) і пересувні (забезпечують глобальні переміщення МС).

Похибка позиціонування – відхилення заданої позиції виконавчого механізму від фактичної при багаторазовому позиціонуванні (повторенні руху). Похибка позиціонування може оцінюватись у лінійних і кутових одиницях. Стосовно ПР важливим показником є сумарна похибка позиціонування усіх виконавчих механізмів, зведена до фактичного положення ОМ, яке відрізняється від заданого програмою.

2.3. Структура промислових роботів

Структура ПР, який взаємодіє з навколишнім середовищем (НС) чи об'єктом маніпулювання (ОМ), може бути проілюстрована на рис. 2.2. У загальному випадку робот складається з чотирьох систем: 1) виконавчої маніпуляційної системи (МС) – для цілеспрямованої дії на об'єкт маніпулювання; 2) сенсорної інформаційно-вимірювальної системи (ІВС) – для забезпечення робота інформацією про стан навколишнього середовища, результати дії на нього МС (або взаємодії систем "Робот – ОМ – НС") і стан самого робота у відповідності з вимогами керуючої системи (КС); 3) керуючої системи (інтелекту) – для

формування закону керування МС на основі даних, які надходять від керуючої програми та ІВС, а також для організації спілкування робота з людиною чи іншими функціональними пристроями, з якими він взаємодіє. Інтелектуальні здатності робота визначаються алгоритмічним і програмним забезпеченням його керуючої системи; 4) системи зв'язку (СЗ) – для організації обміну інформацією між роботами і людиною чи іншими функціональними пристроями, у тому числі роботами, основним технологічним обладнанням на певній мові програмування.

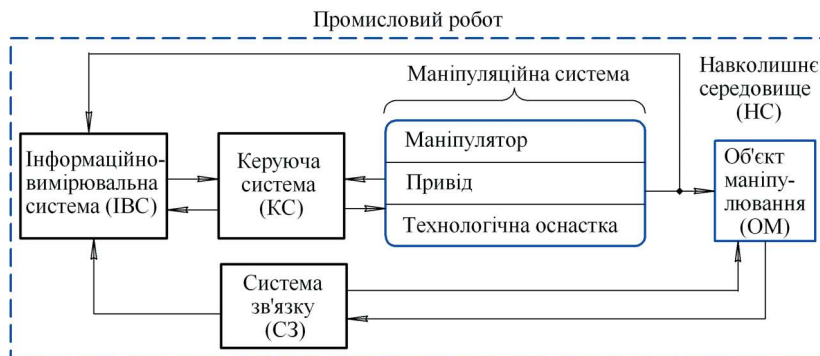


Рис 2.2. Узагальнена структура промислового робота, взаємодіючого з навколишнім середовищем

Рівні інтелекту та інформаційного забезпечення ПР визначаються характеристикою навколишнього середовища, з яким взаємодіє МС робота. В роботизованому виробництві під НС розуміють об'єкти виробництва, які можуть знаходитись у неупорядкованому (і тоді середовище є непередбачуваним, або неорганізованим), упорядкованому (передбачуваним, або організоване середовище) та частково упорядкованому станах. При неупорядкованому стані об'єкти різних класів займають хаотичне положення на предметній площині. В цьому разі задачами інформаційної та керуючої систем ПР будуть: знаходження об'єкта на поверхні, визначення класу, а також положення об'єкта за характерною ознакою та планування алгоритму керуючої дії на ланки МС робота з метою забезпечення оптимальних умов взаємодії робота із середовищем. З викладеного випливає, що зниження інформаційного навантаження і рівня інтелекту робота можливе, якщо заздалегідь підготувати середовище упорядкуванням об'єктів за класами, орієнтацією їх у просторі та один відносно одного. Маніпуляційна система

Задачею маніпуляційної системи є виконання рушійних функцій і реалізація технологічного призначення ПР. Ця система являє собою

просторовий механізм з розімкненим кінематичним ланцюгом. Конструктивно МС складається з таких основних вузлів: несучих конструкцій, приводів, передавальних механізмів, виконавчих механізмів і захватного пристрою або технологічного модуля, що встановлений на руці робота. *Виконавчий механізм* ПР – це сукупність рухомих з'єднаних ланок МС. *Захватний пристрій* ПР – орган його МС, призначений для захвату чи утримування об'єкта виробництва, технологічної оснастки чи інструменту. Як правило, ПР комплектують типовим для даної моделі набором захватних пристроїв, які замінюються або вручну налагодчиком, або автоматично в залежності від конкретного робочого завдання.

З'єднання ланок МС у кінематичний ланцюг здійснюється за допомогою кінематичних пар, У більшості конструкцій ПР використовуються кінематичні пари п'ятого класу – обертальні та поступальні, які забезпечують один ступінь свободи у відносному русі кожної з двох рухомих з'єднаних ланок. Сукупність деякого числа рухомих ланок забезпечує виконавчому механізму певне число ступенів рухомості, яке є важливою характеристикою маніпуляційної системи.

Типові конструкції автоматичних маніпуляторів. Маніпулятор ПР поєднує в собі привод із двигуном і підсилювально-передатною ланкою (редуктором) і виконавчий механізм. Така комбінація найбільш характерна для маніпуляторів з електромеханічним приводом і антропоморфних роботів. У ряді випадків виконавчий механізм і привод виявляють собою єдине ціле, підсилювально-передатний механізм відсутній. Це властиво маніпуляторам із пневматичним і гідравлічним приводами, у яких шток пневматичного або гідравлічного циліндра одночасно є приводною й виконавчою ланкою маніпулятора.

Компонування виконавчих пристроїв (рис. 2.3) визначається тою системою координат, для роботи в якій призначений робот. Як правило, кожний виконавчий механізм має один ступінь рухливості. Тому на кожний ступінь свободи доводиться по одному приводу. Такі механізми побудовані на кінематичних парах п'ятого класу, що мають один ступінь свободи. Вони більш надійні в експлуатації й простіше в обслуговуванні на відміну від механізмів четвертого й третього класів, які мають відповідно два й три ступені рухливості.

Типовим прикладом маніпулятора, що працює в Декартові прямокутній системі координат, може служити маніпулятор (рис. 2.3,а), постачений двома поперечними каретками, які забезпечують транспортне переміщення робочого органа в горизонтальній площині ХУ і пневматичним приводом для переміщення у вертикальній площині. Маніпулятор (рис. 2.3,б) постачено двома електромеханічними приводами для переміщення в пласкій прямокутній системі координат ХУ. В обох

випадках рух ротації робочого органу, тобто повороту захватною пристрою на певний кут, є технологічним. Як видно із цих прикладів, підсилювально-передатними ланками маніпуляторів є приводні каретки, які можуть бути виконані у вигляді різних механізмів поступального переміщення, наприклад, у вигляді зубчато-рейкової передачі, гвинтової пари ковзання або кочення, постачених додатковими напрямними.

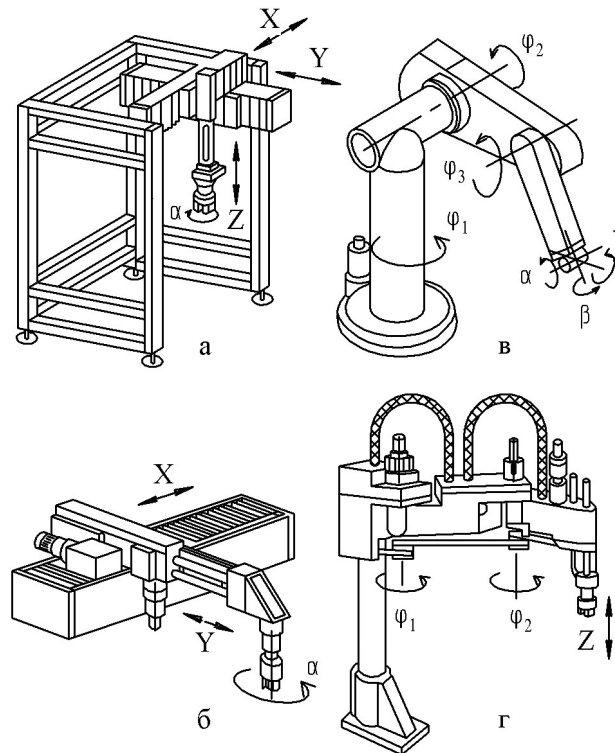


Рис. 2.3. Типові конструкції маніпуляторів промислових роботів

Компонування виконавчих пристроїв, подібну наведеної, мають промислові роботи портального типу «Пірін» (Болгарія), М21 (Росія), стаціонарні ПР «BOSS» (Німеччина). Компонування виконавчих механізмів маніпулятора, що показано на рис. 2.3(в), властива роботам з ангулярною чи сферичною системою координат, робочий простір яких являє собою неповну сферу. У якості підсилювально-передатних механізмів таких маніпуляторів використовують циліндричні, конічні або хвильові редуктори, осі ведених коліс яких

збігаються з осями повороту ланок маніпуляторів. При цьому двигуни (крім привода повороту колони) розміщуються безпосередньо на ланках руки маніпулятора. Таку конструкцію мають кілька модифікацій промислових роботів: РМ-01, «Гранат-2,5» (Білорусь), «PUMA» фірми NOKIA (Фінляндія).

Розміщення двигунів і підсилювально-передатних механізмів безпосередньо на ланках маніпулятора характерно також і для роботів типу «Skilam», ТУР-2,5 «BOSS» (рис. 2.3,г). На відміну від попередніх моделей ПР, у цьому випадку всі осі повороту ланок паралельні одна іншій, маніпулятор працює в циліндричній системі координат. Налагодження маніпулятора обох типів ідентичне й зводиться до установки необхідного за технологічним процесом робочого органу (захоплення, складальної або зварювальної голівки та т.п.), перевірки й вибірки люфтів у рухливих з'єднаннях, регулюванні зусилля натяжних гнучких проводів (наприклад у моделей «Skilam», ТУР-2,5).

Класичним прикладом конструктивного рішення МС з розміщенням приводів виконавчих механізмів безпосередньо на його ланках може бути промисловий робот моделі РМ-01 (рис 2.4). Це універсальний робот, призначений для виконання як основних, так і допоміжних операцій технологічних процесів. До основних операцій належать монтаж і складання механічних вузлів, дугове зварювання, операції склеювання і фарбування. Допоміжні операції, що виконуються роботом, містять завантаження та розвантаження обладнання, пакування й складування виробів тощо. Маніпулятор «PUMA» цього робота розроблено фірмою «NOKIA» (Фінляндія), він має антропоморфну конструкцію і володіє шістьма ступенями рухомості, що у сукупності з гнучкою керуючою системою дає змогу йому виконувати різноманітні за фізичною суттю й послідовністю технологічні операції.

Кінематичні ланки маніпулятора з'єднано ротаційними шарнірами, а самі ланки нагадують кисть, лікоть та плече руки людини, що й надає конструкції антропоморфного характеру. Конструктивно маніпулятор виконано у вигляді колони 1 (див. рис. 2.4), на якій шарнірно закріплено плече 2, що несе верхню руку 3 та передню руку (лікоть) 4. Кисть 5 має три ступені рухомості, а на її фланці закріплено різноманітні пристрої технологічного призначення: захвати, складальні та зварювальні головки тощо. Кожну з ланок обладнано автономним електромеханічним приводом, який складається з електродвигуна і передачі обертання шарнірів руки маніпулятора. Привод повороту плеча навколо осі колони 1 складається з електродвигуна 10, який передає через зубчасту передачу 9 і 11, проміжний вал 7 і ведучу шестерню 6 обертання колесу 8, кінематичне зв'язаному з основою плеча 2. Таким чином передається обертання плеча навколо осі колони. Поворот же

верхньої ланки руки 3 (точніше передпліччя) відносно осі самого плеча здійснюється електродвигуном 16, розміщеним безпосередньо на корпусі руки.

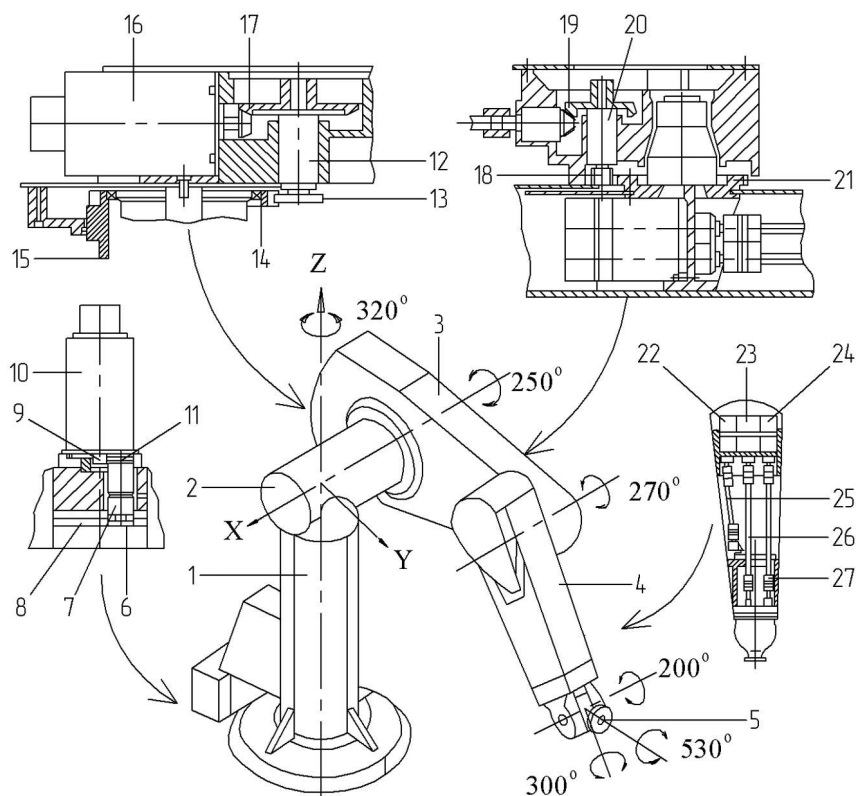


Рис 2.4. Маніпуляційна система ПР моделі РМ-01

При цьому обертання від двигуна передається конічною зубчастою парою 17 і проміжним валом 12 шестерні 13, яка обкочується по нерухомо закріпленому у корпусі 15 колесу 14. В результаті передпліччя 3 повертається на кут, заданий керуючою програмою. Особливість конструкції передпліччя й ліктя маніпулятора полягає у тому, що частина робочого навантаження приймається їхніми зовнішніми кожухами. Це дає змогу мінімізувати маси рук, забезпечуючи при цьому їхню достатню міцність. Електродвигун обертання передньої руки 4 (точніше ліктя) також розміщено у корпусі верхньої руки. Цей двигун через конічну передачу 19, вал 20 і ведучу шестерню 18 передає обертання веденому колесу 21, в результаті чого і здійснюється відповідно

до заданої програми поворот передньої руки 4. Технологічні рухи кисті 5 навколо відповідних осей інструментальної системи координат здійснюються електродвигунами 22, 23 і 24, кінематичне зв'язаними з кистю приводними валами 25, 26 і 27 відповідно, причому на кожний приводний вал припадає по два редуктори, розміщені на початку і в кінці вала. Керування маніпулятором ПР моделі РМ-01 ґрунтується на завданні та контролі переміщень і швидкостей ланок його руки. Відлік переміщень ведеться у базовій системі координат, початок якої збігається з віссю плеча маніпулятора. Базова система координат нерухома і використовується при навчанні робота переміщенням по точках. Рухомою інструментальна система координат, з'єднана з фланцем кисті маніпулятора, використовується для програмування рухів робочих інструментів і захватів, розміщуваних на кисті робота.

Інформаційно-вимірвальна система (ІВС). Задача ІВС – збирання, первинна обробка і передача в КС даних про функціонування вузлів і механізмів ПР та про стан навколишнього середовища. За функціональним призначенням ІВС умовно поділяються на три підсистеми: 1) сприйняття й переробки інформації про НС, в якому функціонує ПР; 2) внутрішньої інформації про стан вузлів, механізмів і систем ПР; 3) забезпечення техніки безпеки. Дані цих підсистем створюють інформаційне забезпечення функціонування робота.

Підсистема зовнішньої інформації визначає функціональні можливості робота і ступінь складності вирішуваних ним завдань. Залежно від способу взаємодії з об'єктами навколишнього середовища ця підсистема може виконувати функції зорового (візуального, локаційного) і тактильного (дотику) сприйняття ознак середовища. Тактильне сприйняття використовується для виявлення об'єкта, встановлення моменту стикання з ним і визначення його розмірів, контролю тиску на об'єкт, виявлення підготовленості основного технологічного обладнання до обслуговування роботом, а також для забезпечення безпеки роботи. З цією ж метою, але із застосуванням безконтактних засобів використовується і зорове сприйняття. Одночасно такі засоби переважно виконуються для дистанційного виявлення об'єкта і розв'язання задач ідентифікації класу та положення, яке займає об'єкт у просторі.

Підсистема внутрішньої інформації розв'язує такі задачі: оцінки положення і швидкості руху ступенів рухомості ПР, аварійної блокування для запобігання поломці вузлів МС і взаємодіючого з нею обладнання при появі випадкових збоїв, діагностики і прогнозування ресурсу ПР для виявлення причин відказів і скорочення часу відновлення працездатності робота.

Керуюча система. Задачами КС є програмування дій маніпулятора зберігання керуючої програми, її відтворення і відпрацювання. Керу-

вання роботом здійснюється на основі програми його роботи. Програма – повний і точний опис на деякій формальній мові процесу оброблення інформації, який приводить до розв'язання поставлених задач.

Керуюча програма (КП) – послідовність простих інструкцій на деякій формальній мові, виконуваних при додержанні певної черговості. Ці інструкції містять інформацію про послідовність виконання кроків програми, просторове положення окремих ступенів рухомості і час виконання окремих кроків програми. Матеріальний носій, в якому фіксується керуюча програма, називається програмним носієм.

Програмування – процес підготовки задачі керування для її розв'язання і введення інформації керуючої програми в запам'ятовуючий пристрій. Програмування здійснюється методами: навчання або самонавчання. У першому випадку керуюча програма формується в режимі діалогу контрольної системи з оператором, який за допомогою ручного пульта керування роботом здійснює послідовне відпрацювання необхідних операцій з наступним занесенням інформації у запам'ятовуючий пристрій. При реалізації другого методу програму розраховують чи на обчислювальному центрі на одній із спеціалізованих мов або на мовах високого рівня, чи в самій КС за допомогою обчислювача за директивами оператора. Зрештою, при самонавчанні програма ПР утворюється на основі інформації, яка аналізується системою сприйняття навколишнього середовища з наступним запам'ятовуванням одержаної інформації й організацією відповідних команд.

Запам'ятовування керуючої програми – збереження протягом погрібного часу інформації у запам'ятовуючому пристрої. Для систем ЧПК ємність пам'яті такого пристрою визначається кількістю машинних слів або двійкових знаків. Для циклових систем ємність пам'яті – максимальна кількість керуючих команд. Ємність оперативної пам'яті запам'ятовуючого пристрою – максимальна кількість інформації КП, яка безпосередньо бере участь у поточному процесі виконання операцій керування ПР. Ємність зовнішнього запам'ятовуючого пристрою – максимальна кількість інформації, яка може тривало зберігатись на програмному носію. Відтворення програми – процес зчитування інформації із запам'ятовуючого пристрою і передача керуючих сигналів до виконавчих механізмів промислового робота. Відпрацювання програми – виконання ПР операцій відповідно до сигналів, переданих на його виконавчі механізми при відтворенні програми.

2.4. Принципи побудови промислових роботів

Існує два принципи побудови промислових роботів: моноблочний і агрегатно-модульний. *Моноблочний принцип* передбачає побудову маніпулятора у вигляді нерозривного кінематичного ланцюга, що утворений кінематичними ланками маніпулятора, з'єднаних ротаційними шарнірами, а самі ланки нагадують передпліччя, лікоть, кисть руки людини, що й надає конструкції антропоморфного характеру. Такі конструкції розглянуті вище (див. рис. 2.3 (в,г) та рис. 2.4).

Агрегатно-модульний принцип побудови ПР передбачає створення маніпулятора з окремих виконуючих і технологічних конструктивних модулів, кожен з яких може бути вилучений або замінений іншим модулем залежно від технологічного завдання і необхідного числа ступенів рухомості маніпулятора.

Агрегатне виконання не тільки технологічних, але й транспортних модулів ПР дозволяє створювати спеціалізовані роботи, призначені для виконання конкретних технологічних операцій. Незважаючи на трудомісткість переналагодження таких роботів вони значно дешевше, ніж моноблочні універсальні ПР. Приклад агрегатно-модульного маніпулятора (рис. 2.5) ілюструє можливість комбінації різних захватних пристроїв 1 з модулями ротації 2, підйому 3 і горизонтального переміщення 5, з'єднаних стикувальним пристроєм 4 і встановлених на стійці 6. Як видно з рисунка, кожен з модулів можуть бути при необхідності вилучені або замінені іншими модулями.

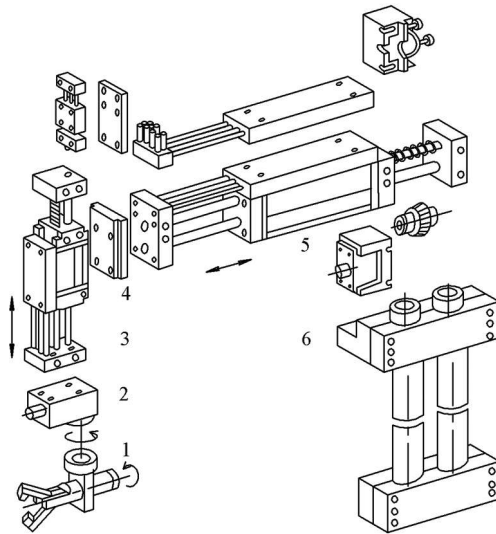


Рис. 2.5. Блоки агрегатно-модульного маніпулятора

Зазначені транспортні й технологічні модулі агрегатних ПР попередньо створюються на основі типових групових технологічних процесів. Потім конструктором, на основі конкретного технологічного процесу відповідно до операційної карти, вибирається те чи інше сполучення модулів агрегатного ПР. Завдання наладчика полягає в складанні зазначених модулів за допомогою уніфікованих стикувальних пристроїв, регулюванню відносного положення модулів з наступною їхньою фіксацією. Далі, залежно від типу системи керування, наладчиком проводиться набір заданої програми, її тестування й відпрацювання робочих циклів ПР на холостому ходу. Останню операцію спочатку рекомендується виконувати в налагоджувальному режимі, і реалізувати програму по окремих командах, повідомлюваних роботу вручну з пульта його керування, а потім у режимі автоматичного циклу.

Агрегатне виконання функціональних модулів ПР властиво не тільки стаціонарним роботам, але й порталним (рис. 2.6). Причому, як видно з рисунку, ідентичність систем координат для різних компонентів визначає й менший набір модулів.

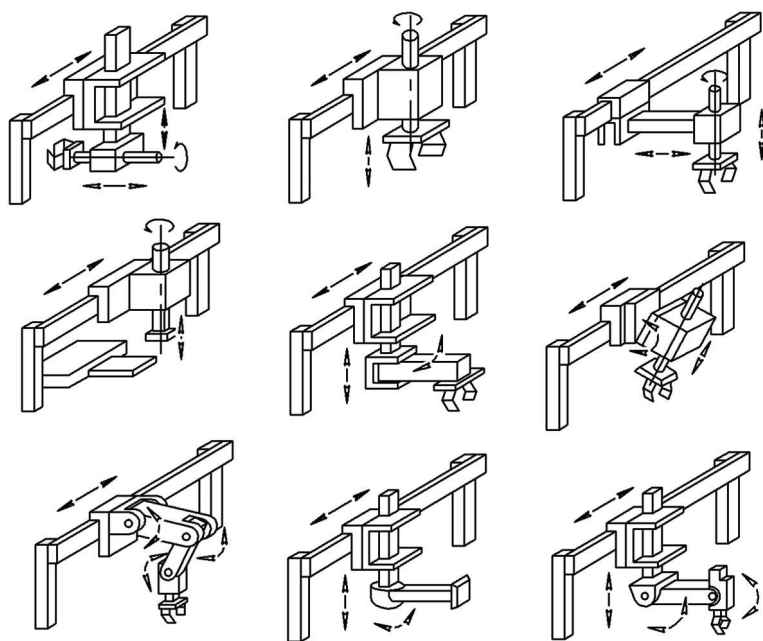


Рис. 2.6. Типові компоновки порталних ПР

Тому перш, ніж здійснити вибір необхідних модулів, слід правильно вибрати систему координат робочої зони маніпулятора. Бажано, щоб конфігурація робочої зони маніпулятора була ідентична робочій зоні технологічного встаткування. Незалежно від моделі всі компонування порталних ПР містять модуль транспортного переміщення маніпулятора по балці portalу.

Взагалі, для будь-яких агрегатно-модульних ПР, під *конструктивним модулем* розуміють функціонально і конструктивно незалежну одиницю, яка може використовуватись індивідуально та в різноманітних комбінаціях з іншими модулями. Кожний модуль являє собою закінчений машинний агрегат, який містить як звичайні приводні пристрої і механізми, так і енергетичні та інформаційні комунікації. Модуль може забезпечити одну або кільк ступенів рухомості робота. Залежно від типів використовуваних модулів маніпуляційна система робота може відрізнятися такими конструктивними ознаками: мобільністю (стаціонарні, пересувні), типом і конструкцією опорної системи (портальні, підлогові стаціонарні), кількістю рук, числом ступенів рухомості кисті руки.

Узагальнена структура МС робота складається з таких основних модулів: основи; колони, що закріплюється до основи; руки, яка кріпиться до колони; кисті руки; технологічних механізмів, які закріплюються до кисті і захватного чи технологічного модуля. Для пересувних ПР додаються ще такі модулі як напрямні й візок (в обох випадках для підлогового чи порталного виконання). При цьому вимога швидкого переналадження зумовлює необхідність наявності уніфікованих елементів сполучення у з'єднаннях кінематичного ланцюга «рука – кисть – технологічний модуль» для зміни будь-якого модуля, потребує конкретне виробниче завдання.

Згідно з модульним принципом побудови можливе нарощування структури робота типовими кінематичними ланками, що реалізують поступальні та обертальні рухи. Таким чином забезпечується будь-яка компоновка ПР для заданої системи координат. Агрегатно-модульні конструкції ПР можуть бути класифіковані за компоновкою і можливістю зміни технічних характеристик ПР в межах одної агрегатної гами. Комбінаторика можливих поєднань модулів, які мають практичний інтерес, практично не обмежена. Агрегатно-модульний принцип побудови маніпуляторів дає змогу автоматизувати процедури вибору оптимальних для даної номенклатури об'єктів і вимог технологічного процесу. Водночас зростає варіативність пошуків технічних рішень, збільшується об'єктивність прийняття рішення щодо компоновки вузлів робота, яке більш повно задовольнятиме вимоги технологічної позиції.

2.5. Транспортні роботи

Роботизовані транспортні засоби, що перебувають в експлуатації, можна розділити на дві основні групи: транспортні роботи із твердим шляхопроводом і робокари — транспортні візки з безконтактним індуктивним або оптичним шляхопроводом. Транспортні роботи із твердим шляхопроводом включають рейкові, монорейкові й мостові роботи-маніпулятори, що рухаються на твердих напрямних підлогового або підвісного виконання. Системи керування таких роботів можуть бути цикловими, позиційними з автоматичним адресуванням. Усі системи, як правило, побудовані на базі локального автомата з керуванням від центрального контролера ЕОМ нижнього й верхнього рівня. Вибір системи керування, як правило, визначається функціональним призначенням транспортного робота із твердим шляхопроводом. Так, для обслуговування виробничого встаткування, розміщеного в певній технологічній послідовності, застосовуються транспортні роботи із цикловою системою керування. Рейкові транспортні роботи підлогового типу з позиційною системою керування доцільно використовувати для обслуговування гнучких автоматичних ліній з автоматизованим складом. Такі транспортні роботи, точніше роботизовані візки, здійснюють транспортування палет з деталями й заготовками між верстатами й доставку їх у комірки автоматизованого складу.

Транспортні роботи з позиційними системами керування використовуються для групового обслуговування технологічного встаткування в межах ділянки або всього цеху. Як правило, такі роботи оснащуються системою автоматичного адресування заготовок, деталей і технологічного оснащення. *Робокари* — безрейкові транспортні візки, відрізняються від першої групи транспортних роботів наявністю слідкуючої системи керування й безконтактним індуктивним або оптичним шляхопроводом, конфігурація якого визначає трасу. У якості такої траси використовують відповідно металеві стрічки або смуги у вигляді світловідбивача, що покладені в підлозі цеху. Завдяки наявності автономної системи енергопостачання й бортової системи керування робокари по своїй маневреності й функціональним можливостям значно перевершують рейкові транспортні роботи. Це дозволяє створювати на їхній базі автоматизовані транспортно-складські системи (АТСС) у межах одного або декількох об'єднаних технологічним маршрутом цехів підприємства.

Основними характеристиками робокарів є їхня вантажопідйомність і швидкість руху, які залежать від призначення візка. Для переміщення штучних виробів застосовують робокари вантажопідйомністю 400...9000 (кг) із середньою швидкістю не більш 1 м/с. Такі візки ос-

нашуються піднімальними платформами, роликowymi конвеєрами з реверсивним приводом, поворотними платформами для зміни орієнтації вантажу й іншими вантажозахватними пристроями із приводами горизонтального або вертикального переміщення. Типові моделі візків показані на рис. 2.7.

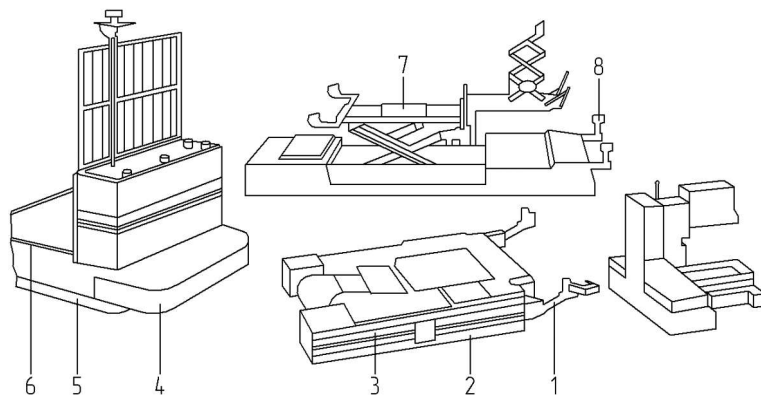


Рис. 2.7. Моделі транспортних автоматичних візків (роботарів):
1,4,8 – чутливі елементи; 3,6,7 – вантажна платформа

Роботари вантажопідйомністю менш 1500(кг) і середньою швидкістю переміщення в межах 0,5...1,2 (м/с) використовуються для транспортування штучних виробів і їх заготовок на піддонах або партій деталей у касетах. У різних моделях роботарів у якості автономної системи енергопостачання використовують акумулятори напругою від 24В до 48В і ємністю від 150 (А/год.) до 600 (А/год.). Ємність акумуляторів, як правило, розраховують на період роботи в автоматичному режимі 4...8(год.). Зі зменшенням навантаження й величини пробігу можливе збільшення періоду роботи до 16 годин. Для періодичної підзарядки акумуляторів на підприємстві, де експлуатується роботари, установлюють станції автоматичної зарядки.

Незалежно від моделі до складу роботара входять запобіжні демпфери 1 (рис. 2.8), кермове колесо 4 з тяговим 3 і кермовим 2 двигунами; блоки зв'язку 7 і керування 8; акумуляторні батареї 9. Конструкція шляхопроводу 6 і тип чутливих елементів 5, за сигналами яких здійснюється керування візком, визначаються прийнятою системою відстеження траси. Практичне застосування знайшли дві такі системи: оптична й електромагнітна. *Оптична* система відстеження траси заснована на ефекті відбиття світлового сигналу від смуги у вигляді стрічки світловідбивача, прокладеного на поверхні підлоги цеху. Стрічка висвітлюється джерелом світла, що встановлено спереду на

нижній частині візка. Відбите від смуги світло сприймається чутливими елементами, розташованими поруч із джерелом світла, наслідком

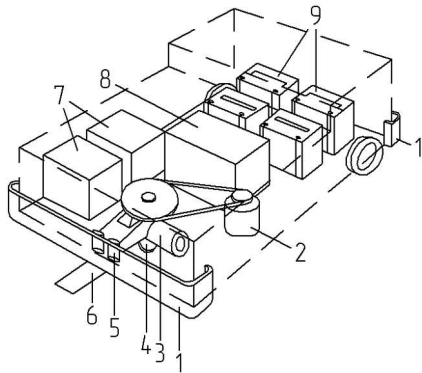


Рис. 2.8. Склад робокара

чого є сигнали керування сервоприводом ходової частини робокару. Смуга світловідбивача траси повинна мати коефіцієнт відбиття не менш 40 % на довжині хвилі 900А. В електромагнітній системі відстеження траси шляхопровід виготовляють у вигляді електропроводу, покладеного в ринву підлоги на глибину 20...30 (мм) шириною 10...15 (мм). Після укладання ізоляованого електропроводу, ринву підлоги заповнюють епоксидним клеєм або цементним розчином.

У цьому випадку чутливий пристрій являє собою дві електромагнітні котушки, що розміщені на візку. Два такі датчики взаємодіють із електромагнітним полем, що утворюється навколо електропроводу при його підключенні до джерела змінного електричного струму низької частоти й малої амплітуди. Датчики, включені за диференціальною схемою, виконують роль сканера електромагнітної траси й при відхиленні візка виробляють сигнали, що надходять у блок керування положенням і швидкістю візка. При використанні електромагнітного шляхопроводу можуть бути реалізовано два способи керування. Один з них припускає вимір амплітуди сигналу кожної котушки чутливого елемента. Пропорційно різниці амплітуд, викликаній відхиленням робокара від маршруту, на сервопривод рульового керування надходить коригувальний сигнал, що усуває відхилення візка від траси. Згідно з іншим способом керування на одній з котушок датчиків визначається величина й напрям вектора фазового зрушення. При відсутності відхилення робокара від траси (точніше від магнітопроводу) вектор дорівнює нулю, отже сигнал, що й управляє, також дорівнює нулю. Відхилення візка вліво або праворуч від траси відповідає позитивному або негативному фазовому зрушенню електромагнітних датчиків, сигнали яких обробляються бортовою системою керування, що здійснює за допомогою серво приводів і двигунів корекцію положення робокара.

В умовах гнучкого автоматизованого виробництва бортові системи керування декількох робокарів, а також керуючі пристрої вантажно-розвантажувальних механізмів поєднують у єдину мережу з керуванням від центральної ЕОМ. Згідно з уведеною програмою ЕОМ

верхнього рівня здійснює регулярне опитування робочарів, одержуючи при цьому інформацію про місцезнаходження візків, обсягів партій поданих на обробку заготовок і готових деталей, виробляє коригувальні команди на усунення нестандартних ситуацій, формує маршрути робочарів. Пристрій аварійної зупинки робочара являє собою шарнірно-важільну систему (рис. 2.9), розміщену попереду й позад робота на панелі 1. При зіткненні робота зусилля, можливий напрямок яких зазначено на малюнку стрілками, зміщують буфер 5, який за допомогою важільної системи 4 розмикає вимикачі 2. У результаті від-

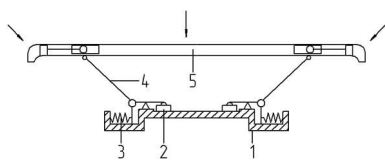


Рис. 2.9. Пристрій аварійної зупинки робочара

бувається зупинка ведучих коліс привода. У міру відходу робота від перешкоди, пружина 3 дозволяє повернути буфер у вихідне положення. Регулюванням натягу цих пружин можна регламентувати мінімальне зусилля реакції на зіткнення. Система спостереження траси транспортного

робота, заснована на ефекті відбиття світлового сигналу від смуги у вигляді стрічки світловідбивача — це найпоширеніший принцип спостереження траси робочарами. Конструктивно така траса виконується із широкої стрічки світловідбивача 1 і вузької стрічки світловідбивача 2 смуг (2.10,а). Стрічки світловідбивача має складний склад, що включає розраховуючи на один квадратний метр підлоги епоксидну смолу в обсязі 2(кг), каучук (2 кг), андезитове борошно (2,2 кг), розчинник Р-4, закріплювач поліетиленполіамін або триетилентетрамін (0,35кг), кам'яновугільну смолу (0,2кг) і епоксидну шпаклівку (0,1 кг). Розгалужена мережа смуг у вигляді стрічок світловідбивача, покладених у підлозі цеху, утворює трасу робота по всіх можливих маршрутах обслуговування технологічного встаткування.

Відстеження траси (рис. 2.10,б), що складається зі світло поглинаючої 1 і світло відбиваючої 2 смуг, здійснюється датчиками курсу,

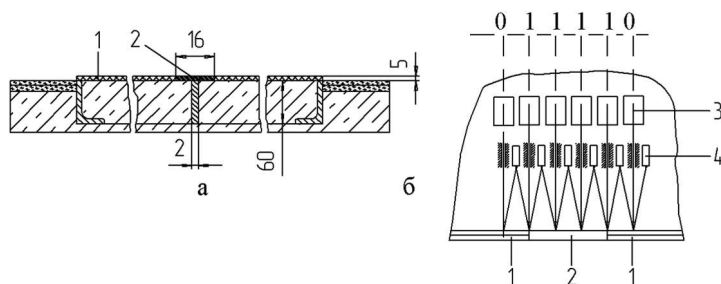


Рис. 2.10. Влаштування траси та системи відстеження робочара

установленими попереду й позад транспортного робота. Кожний з датчиків являє собою сукупність фотодіодів 3 і світлових діодів 4, що здійснюють інфрачервоне висвітлення траси. Відбитий від смуги 2 світловий потік засвічує відповідні фотодіоди. Мікропроцесорна керуюча обчислювальна система робокара при спостереженні за трасою зчитує показання датчиків курсу, кожний розряд якого відповідає сигналу з одного його фотодіодів. При відхиленні робокара від заданого напрямку руху, тобто при сході датчика курсу із траси в яку-небудь сторону, в 16-розрядному слові, отриманому з датчика курсу, міняється вміст розрядів (див. рис 2.10,б). Після аналізу такого відхилення керуюча система виробляє команди на збільшення або зменшення швидкості лівого чи правого приводів з метою повернення робота на смугу траси. Експлуатація транспортних роботів передбачає обов'язкове технічне обслуговування, що включає щоденний огляд стану робокара й траси, перевірку працездатності й технічного стану окремих агрегатів, а також профілактичне обслуговування з метою попередження можливих відмов у роботі.

Контрольні запитання

1. Надайте визначення промислового робота та маніпулятора. Поясніть їх призначення
2. Наведіть схему класифікації промислових роботів і поясніть призначення її складових
3. Назвіть та поясніть типи програмного керування промисловими роботами
4. Наведіть показники технічних параметрів промислових роботів
5. Надайте структуру промислового робота та поясніть її складові
6. Поясніть сутність двох методів програмування промислових роботів
7. Назвіть та поясніть сутність двох принципів побудови промислових роботів
8. Назвіть дві групи транспортних роботів, позначте їх відмінність
9. Наведіть склад робокару, поясніть призначення його складових
10. Поясніть сутність та устрій систем відстеження траси робокарами: оптичної та електромагнітної.
11. Поясніть влаштування траси та системи її відстеження робокаром

