

Тема 2

Робототехнічні комплекси А

3.1 Загальна класифікація роботів

Діючи по заздалегідь закладеній програмі й одержуючи інформацію про зовнішній світ від датчиків (аналогів органів почуттів живих організмів), робот самостійно здійснює виробничі та інші операції, зазвичай виконувані людиною (або тваринами). При цьому робот може, як мати зв'язок з оператором (одержувати від нього команди) так і діяти автономно.

Зовнішній вигляд і конструкція сучасних роботів можуть бути досить різноманітними. У даний час у промисловому виробництві широко застосовуються різні роботи, зовнішній вигляд яких (із причин технічного й економічного характеру) далекий від «людського».

Роботи класифікуються по різних ознаках, в основному по ступеню участі людини в їхньому керуванні й по характеру виконуваних завдань.

1. По ступеню участі людини в керуванні роботом розрізняють два види:

- біотехнічні;
- автономні (або автоматичні).

Біотехнічні роботи.

Це всі дистанційно-керовані роботи, що копіюють рухи оператора; екзоскелети, роботи, керовані людиною з пульта керування, і напівавтоматичні роботи. Керування біотехнічними роботами базується на наступних принципах.

Копіювальні роботи мають наступну керуючу структуру:

- визначальний орган (звичайно маніпулятор), ідентичний виконавчому (з масштабом по розмірах і зусиллям);
- засоби передачі сигналів прямого і зворотного зв'язку;
- засоби відображення для оператора середовища функціонування робота.

Рух визначального органу задається оператором, копіюється з точністю до масштабного коефіцієнта виконавчим органом, за допомогою відстежуючих систем двосторонньої дії.

Екзоскелети – це антропоморфні конструкції, які звичайно

«одягаються» на руки, ноги або корпус людини й служать для відтворення (копіювання) її рухів з деяким масштабним коефіцієнтом по зусиллях. Екзоскелети найчастіше мають кілька десятків ступенів волі. Подібно до копіювальних роботів, вони управляються за допомогою відстежуючих систем двосторонньої дії.

Роботи, керовані з пульта керування. На пульті – система клавіш або рукояток і засоби відображення інформації. Рух роботів задається людиною з пульта керування через систему виконавчих приводів.

У **напівавтоматичних роботах** ручне керування сполучається з автоматичним. Використовується, коли заздалегідь жорстко запрограмувати всі потрібні операції неможливо, а оснащувати робота штучним інтелектом недоцільно або неможливо. До напівавтоматичних також відносяться роботи із супервізорним керуванням: коли оператор втручається в дії робота шляхом повідомлення йому додаткової інформації (наприклад, за допомогою цілевказівки, вказівки необхідної послідовності дій і т.п.).

3.2 Автономні роботи

Інший важливий клас роботів – це роботи з **автономним**, або **автоматичним керуванням**. Такі роботи після їхнього створення й налаштування можуть, у принципі, функціонувати й без участі людини. Типовий приклад – роботи з елементами штучного інтелекту, андроїди.

По типу розв’язуваних роботом завдань також виділяють два класи роботів:

- виробничі роботи;
- дослідницькі роботи.

Виробничі роботи.

Призначені для виконання важкої, монотонної, шкідливої й небезпечної фізичної роботи. Для таких роботів характерна наявність автоматичних виконавчих пристроїв (маніпулятори які імітують рухи рук людини, самохідні візки з різними типами шасі, тощо).

Виробничі роботи діляться, у свою чергу на кілька різновидів:

- промислові;
- будівельні;
- сільськогосподарські;
- транспортні;
- побутові;
- бойові.

Промислові роботи призначені в основному для автоматизації всіх видів ручних і транспортних операцій у різних галузях промисловості. Найбільше застосування вони знайшли в машинобудуванні й приладобудуванні, у гірничодобувній, нафтохімічній, металургійній і атомній промисловості.

Будівельні роботи дозволяють автоматизувати величезну кількість ручних операцій як допоміжних, так і основних у будівельній справі. Роботизація будівництва сьогодні досить актуальна.

Сільськогосподарські роботи призначені для автоматизації трудомістких і монотонних процесів у сільському господарстві. У цей час починається інтенсивне впровадження таких роботів, що знаменує початок роботизації сільськогосподарського виробництва.

Транспортні роботи призначені для автоматизації керування різними транспортними засобами. Це самохідні візки, крокуючі апарати, автопілоти й авторульові.

Побутові роботи служать для автоматизації операцій, пов'язаних з побутом людини та зі сферою його обслуговування. Найчастіше тут потрібні більш гнучкі й універсальні системи, ніж звичайні автомати. Ці роботи повинні мити посуд, прати, натирати підлоги, готувати їжу, тощо. До побутових роботів відносяться й роботи-іграшки, які здатні імітувати рухи (а іноді й деякі емоції) живої істоти, соціальні роботи.

Бойові (військові) роботи заміняють людину в бойових ситуаціях для збереження людського життя або для роботи в умовах несумісних з можливостями людини у військових цілях. У цей час існує кілька видів бойових роботів. Це безпілотні або з дистанційним керуванням авіаційні, підводні апарати й надводні кораблі, роботи-мінери, роботи-сапери, роботи-розвідники та робот-патрульні. Слід особливо зазначити, що сьогодні бойові роботи управляються людиною, однак є спроби створити й

повністю автономного бойового робота – все це викликає численні й палкі суперечки.

Дослідницькі роботи – служать для пошуку, збору, переробки й передачі інформації про досліджувані об'єкти. Об'єктами можуть бути космос, поверхні планет, підводний простір, підземні порожнини (шахти, печери й т.п.), Арктика й Антарктика, пустелі, заражена місцевість та інші важкодоступні для людини області.

Програми-роботи. Зовсім окремо стоять програми-роботи, які зазвичай називають *ботами*. Вони призначені для автоматизації рутинних завдань і найчастіше використовуються в Інтернеті: пошукові роботи, чат-боти, ісq-боти, тощо.

3.3 Класифікація промислових роботів

Промислові роботи класифікуються по способу керування, по призначенню, по ступеню спеціалізації, по характеру виконуваних операцій, по типу привода, по вантажопідйомності, по кількості маніпуляторів, по швидкодії й точності рухів, по числу ступенів рухливості, по способу розміщення.

По способу керування розрізняють:

- роботи із програмним керуванням, що працюють по заздалегідь заданій незмінній програмі (роботи першого покоління);
- роботи з адаптивним керуванням, які мають засоби відчуття й тому можуть працювати в заздалегідь не регламентованих і мінливих умовах, наприклад, брати довільно розташовані предмети, обходити перешкоди та інше (роботи другого покоління);
- роботи з інтелектуальним керуванням (зі штучним інтелектом), які поряд з відчуттям мають систему обробки зовнішньої інформації, що забезпечує їм можливість інтелектуальної поведінки, подібної до поведінки людини в аналогічних ситуаціях (роботи третього покоління).

Керування рухом по окремих ступенях рухливості може бути безперервним (контурним) і дискретним (позиційним). В останньому випадку керування рухом здійснюють, задаючи кінцеву послідовність точок і наступне переміщення по цих

кроках від точки до точки. Найпростішим варіантом дискретного керування є циклове, при якому кількість точок позиціонування по кожному ступеню рухливості мінімальна й найчастіше обмежена двома – початковою й кінцевою координатами.

По призначенню промислові роботи можуть бути розділені на кілька груп. Розрізняють роботи для автоматизації процесів машинобудування, гірничодобувної й нафтової промисловості (обслуговування бурильних установок, монтажні й ремонтні роботи), металургії, у будівництві (монтажні, оздоблювальні, транспортні роботи), у легкій, харчовій, рибній промисловості.

В останні роки роботи були впроваджені на транспорті (включаючи створення крокуючих транспортних машин), у сільське господарство, охорону здоров'я й у військовій галузі.

Найбільше поширення в промисловості промислові роботи одержали насамперед у *машинобудуванні*, де їх розрізняють по наступних групах:

- для обслуговування процесів ливарного виробництва (ливарні);
- для автоматизації штампувального виробництва (пресові);
- для обслуговування процесів механічної обробки;
- для обслуговування процесів зварювальних робіт (зварювальні);
- для обслуговування процесів складального виробництва (складальні).

По ступеню спеціалізації всі промислові роботи незалежно від їхнього призначення діляться на три типи: універсальні, спеціалізовані й спеціальні.

- універсальні (багатоцільові) роботи призначені для виконання різних операцій і в тому числі для роботи разом з різними видами технологічного устаткування;
- спеціалізовані (цільові) роботи мають більш вузьке призначення й здійснюють одну певну операцію (наприклад, зварювання, фарбування, обслуговування устаткування певного виду);
- спеціальні роботи виконують тільки одну конкретну операцію (наприклад, обслуговують конкретну модель технологічного устаткування);

По характеру виконуваних операцій усі промислові роботи класифікуються на 3 групи:

- виробничі (технологічні), які виконують основні операції технологічного виробництва й безпосередньо в ньому приймають участь, у якості виробляючих або обробних машин (зварювальні, складальні і т.д.);
- підйомно-транспортні (допоміжні), які застосовуються для обслуговування основного технологічного устаткування для виконання допоміжних операцій, а також на транспортно-складських операціях;
- універсальні – виконують різні основні й допоміжні операції.

По типу привода. Приводи, використовувані в роботах, діляться на:

- електричний;
- гідравлічний;
- пневматичний;
- пневмо-гідравлічний.

Часто їх застосовують у комбінації, наприклад, у ланках маніпулятора великої вантажопідйомності використовують гідравлічний привод, а в його захватному пристрої – більш простий і малопотужний пневматичний.

По вантажопідйомності промислові роботи діляться на:

- надлегкі – до 1 кг;
- легкі – до 10 кг;
- середні – до 100 кг;
- важкі – до 1000 кг;
- і надважкі – понад 1000 кг.

Вантажопідйомність робота обумовлюється вантажопідйомністю його маніпуляторів, а при наявності декількох маніпуляторів – вантажопідйомністю найбільш потужного з них.

По кількості маніпуляторів промислові роботи бувають:

- одноманіпуляторні (однорукі);
- дворукі;
- трирукі;
- чотирирукі.

У більшості випадків кількість маніпуляторів у роботів

обмежено одним. Звичайно маніпулятори багаторукогого робота виконують однаковими, але існують конструкції роботів з різними маніпуляторами.

Наприклад, промислові роботи для обслуговування пресів холодного штампування із двома різними маніпуляторами: один основний – для узяття заготовки й установки її на прес, та іншої спрощеної конструкції – для виконання більш простої операції зіштовхування готової деталі в бункер.

Класифікація роботів по швидкодії й точності рухів. Ці параметри взаємозалежні й характеризують динамічні властивості роботів. У робототехніці вони є головними.

Швидкодія маніпулятора визначається швидкістю його переміщення по окремих ступенях рухливості. Швидкодію роботів загального застосування можна розбити на три наступні групи:

- мала – при лінійних швидкостях по окремих ступенях рухливості до 0,5 м/с;
- середня – при лінійних швидкостях понад 0,5 до 1 м/с;
- висока – при лінійних швидкостях понад 1 м/с.

Більшість сучасних роботів мають середню швидкодію й тільки 20 % їх загального парку – високу швидкодію. Швидкодія сучасних роботів є поки недостатньою, її потрібно збільшити принаймні вдвічі. Основні труднощі тут пов'язані з відомим протиріччям між швидкістю й точністю.

Точність маніпулятора характеризується результуючою погрішністю позиціонування (при дискретному русі) або відпрацювання заданої траєкторії (при безперервному русі). Найчастіше точність роботів характеризують абсолютною погрішністю.

Точність роботів загального застосування підрозділяють на три групи:

- мала – при лінійній погрішності від 1 мм і вище;
- середня – при лінійній погрішності від 0,1 до 1 мм;
- висока – при лінійній погрішності менше 0,1 мм.

По числу ступенів рухливості. Число ступенів рухливості – це сума можливих координатних переміщень об'єкта маніпулювання щодо опорної системи.

По способу розміщення промислові роботи бувають

стаціонарні й рухливі (пересувні). Підрозділяються на підлогові, підвісні (переміщаються по піднятому рейковому шляху), такі що вбудовуються в інше устаткування (наприклад, у верстат що обслуговується) і т.д. Рухливість робота визначається наявністю або відсутністю в нього пристрою пересування.

3.4 Робототехнічні комплекси

Термін «робототехнічні системи» (РТС) означає технічні системи будь-якого призначення, у яких основні функції виконують роботи. Це гнучкі виробничі системи, у яких автоматично діючі машини, пристрої, пристосування реалізують усю технологію виробництва, за винятком функції керування й контролю, здійснюваних людиною.

Незважаючи на безперервне розширення сфери застосування мехатронних систем (МС) основною областю їх застосування поки залишається промисловість і, насамперед, машинобудування й приладобудування. Тут з'явилися перші засоби автоматизації й зосереджено до 80 % усього світового парку робототехнічних засобів.

У машинобудуванні промислові роботи підрозділяються на технологічні, які виконують основні технологічні операції, і допоміжні, зайняті на допоміжних операціях по обслуговуванню основного технологічного устаткування. Технологічні комплекси з такими роботами називаються роботизованими технологічними комплексами (РТК).

У машинобудуванні до 80 % продукції відноситься до серійного й дрібносерійного виробництва. Для швидкого переходу з однієї моделі виробу на інший, відповідно до вимог ринку, створюються *гнучкі автоматизовані виробничі системи* (ГВС).

ГВС – це система верстатів і механізмів, призначених для обробки різних конструктивно й технологічно подібних деталей невеликими партіями або поштучно без особистої участі людини. Складовими частинами ГВС є підсистеми: технологічна, транспортно-накопичувальна, інструментального обслуговування й автоматизованого керування за допомогою ЕОМ.

Залежно від кількості верстатів у ГВС розрізняють: гнучкий виробничий модуль (ГВМ); гнучку виробничу лінію (ГВЛ);

гнучку виробнича ділянка (ГВД); гнучке виробництво цеху (ГВЦ) і заводу (ГВЗ).

Гнучкий виробничий модуль – це технологічна одиниця устаткування (один-два верстати зі ЧПУ), оснащених механізмами автоматичної зміни інструмента, автоматичної зміни заготовок і транспортування їх зі складу до зони обробки за допомогою різних транспортних засобів, наприклад самохідних роботизованих візків.

Цей комплекс пов'язаний з єдиним математичним забезпеченням, що сприяє роботі устаткування в автоматичному режимі з мінімальною участю людини. Головна особливість ГВМ – можливість роботи без участі людини й здатність вбудовуватися в систему більш високого рангу.

Гнучка лінія складається з декількох модулів, обладнаних транспортною й інструментальною системами й керованих мікро-ЕОМ. **Гнучка ділянка** – різновид ГВЛ; вона відрізняється складом і взаємозамінністю технологічного устаткування й видом транспорту.

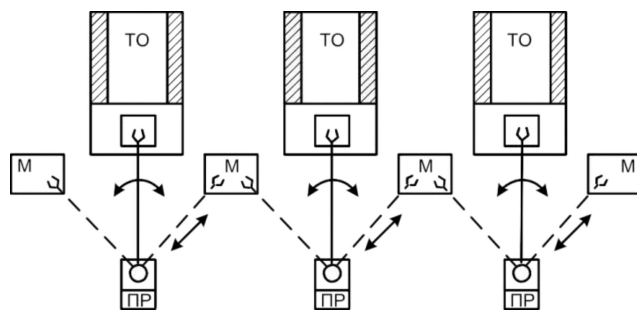
Гнучкі модуль, лінія, ділянка що представляють собою самостійні виробничі підрозділи, із взаємозалежним технологічним устаткуванням, є основними ланками для побудови гнучких виробництв більш високого порядку (цеху, заводу).

Таким чином, у ГВС функціонують два потоки ресурсів: матеріальний та інформаційний. Матеріальний потік забезпечує виконання всіх основних і допоміжних операцій процесу обробки предметів: подачу заготовок та інструмента, установку їх на верстатах; механічну обробку деталей; зняття готових деталей і переміщення їх на склад; заміну інструмента і його переміщення; контроль обробки й стану інструмента; збирання стружки й подачу мастильно-охолодної рідини.

Інформаційний потік забезпечує: черговість, строки й кількість оброблюваних предметів, передбачені планами роботи ГВС; передачу програм обробки безпосередньо виконавчим органам верстатів, програм роботи роботів, настановних і пересувних механізмів, програм забезпечення заготовками, інструментом, допоміжними матеріалами, програм керування всім комплексом і обліку його роботи, а також групове керування

верстатами, транспортно-накопичувальними механізмами, системою інструментального обслуговування.

На рис. 3.1 показаний приклад простого лінійного компонування однопотокової роботизованої технологічної лінії холодного штампування з безпосереднім зв'язком між гніздами що утворюють лінію.



ТО – основне технологічне обладнання;

ПР – промисловий робот;

М – магазин поштучної видачі заготовок

Рисунок 3.1 – Схема однопотокової роботизованої технологічної лінії холодного штампування з лінійним компонуванням

У ній відсутня межопераційна транспортна система, а предмети виробництва передаються від одного гнізда до іншого безпосередньо вхідними в них допоміжними ПР. Такі лінії з безпосереднім твердим зв'язком між гніздами прості, однак вимагають певного взаємного розташування основного технологічного устаткування.

Дане компонування характерне для технологічних процесів з малим циклом обробки предметів виробництва на технологічному устаткуванні (одиниці, десятки секунд), що властиво, зокрема, процесам холодно-листового штампування. Для технологічних процесів з більшою тривалістю обробки на технологічному устаткуванні часто застосовують інший тип побудови комплексів з обслуговуванням одним ПР декількох одиниць технологічного устаткування.

На рис. 3.2 показаний варіант такого комплексу із круговим

компонуванням, у якому один ПР обслуговує 3 металорізальних верстати, розташованих довкола нього.

У міру вдосконалювання МС відбувається стійкий ріст частки ПР, застосовуваних на основних технологічних операціях. Хоча впровадження ПР на основних промислових операціях вимагає значно більших (в 3-4 рази) витрат, ніж на допоміжних операціях, саме тут досягається найбільша ефективність застосування ПР при вивільненні робочих місць.

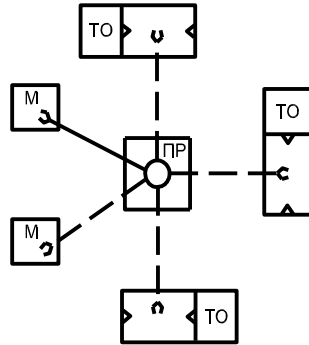


Рисунок 3.2 – Схема роботизованої технологічної ділянки механічної обробки із круговим компонованням

Великий і соціальний ефект у зв'язку зі шкідливістю для людини ряду таких операцій (наприклад фарбування, зварювання) або їх монотонністю (наприклад, складання на конвеєрі). У машинобудуванні основними типами технологічних комплексів у яких ПР одержали поширення на основних операціях, є комплекси складання, зварювання, нанесення покриттів, шліфування, зачищення, клепки.

Складальні робототехнічні комплекси. Цей тип робототехнічних комплексів за своїм значенням є, мабуть, найбільш важливим. Складальні операції в машинобудуванні становлять до 40 % собівартості виробів, а в приладобудуванні більше – до 50-60 %.

Разом із цим, ступінь автоматизації складальних робіт сьогодні досить низька у зв'язку з обмеженими можливостями,

які мають тут традиційні засоби автоматизації у вигляді спеціальних складальних автоматів. Тому створення гнучких складальних комплексів на ПР є одним з основних напрямків в автоматизації складальних операцій.

До складальних операцій у приладобудуванні відносяться механічне складання, електричний монтаж, мікроелектронне складання. Процес складання складається з наступних послідовних взаємозалежних операцій:

- завантаження деталей що збираються, у завантажувальні й транспортні пристрої (звичайно з їхньою орієнтацією);
- переміщення деталей до місця складання;
- базування, тобто фіксація в строго певній позиції, з орієнтацією деталей на складальній позиції;
- операція складання, тобто сполучення деталей, включаючи закріплення;
- контрольно-вимірювальні операції в ході складання;
- видалення зібраного вузла зі складальної позиції для переміщення на наступну позицію, якщо складання не закінчене.

Для виконання механічної обробки, не пов'язаної з надвисокими силовими режимами різання, часто застосовують промислових роботів, що безпосередньо виконують процес обробки – тобто «ручна» робота, але у виконанні роботів (рис. 3.3).

Особливо роботи ефективні при роботі з великогабаритними заготовками, складними контурами та іншими завданнями, де антропоморфна кінематика доводить свої максимальні переваги.

Наприклад, обробка пластмасових деталей автомобільної промисловості вимагає ретельної деталізації при проектуванні комплексів, точного виготовлення й монтажу, а також певної гнучкості при введенні в експлуатацію.

Застосування 3D-системи offline-програмування, планування й моделювання, а також залучення провідних спеціалістів і виробників допоміжного робототехнічного устаткування дає можливість робити робототехнічні комплекси, орієнтовані на потреби й побажання замовників. Робототехнічні комплекси фрезерування відомі своєю еталонною якістю на ринку гнучких рішень процесів різання в робототехніці.

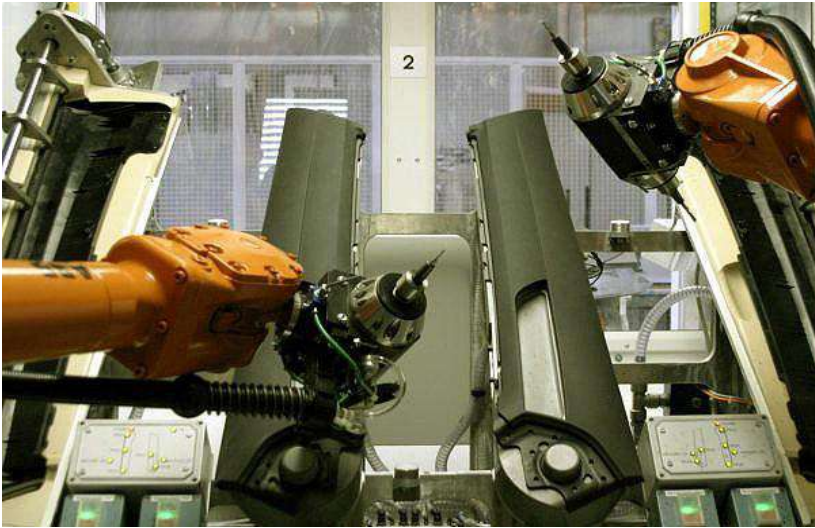


Рисунок 3.3 – Фрезерування лицевальних панелей
у робототехнічному комплексі двома роботами



Рисунок 3.4 – Зварювальний цех
по складанню автомобільних кузовів

У якості різального інструменту, як правило, застосовують осьовий інструмент, високооборотні фрези, лазерні, плазмові технології. Широко застосовуються робототехнічні комплекси на

операціях зварювання, особливо електроконтактного зварювання в автомобілебудуванні. На рис. 3.4 показаний цех зварювання кузова Hyundai Solaris на автоскладальному заводі в Санкт-Петербурзі.

У системі цивільного захисту гнучкі виробничі системи застосовуються для виконання робіт при ліквідації надзвичайних ситуацій в умовах, небезпечних для життя людей. Состав комплексів: шасі, маніпулятор, пересувний пульт керування, система телеспостереження, система підсвічування, система хімічної розвідки (МРК-27Х), система радіаційної розвідки (МРК-45, МРК-46), комплект змінного технологічного устаткування.

Призначення робототехнічних комплексів, застосовуваних у системі цивільного захисту:

- розвідка території й об'єктів з наявністю вибухонебезпечних предметів (ВНП), ідентифікація й огляд ВНП, визначення їх стану, виконання допоміжних операцій при знешкодженні ВНП та інших небезпечних предметів (радіаційні, хімічні й токсичні речовини);
- проведення піротехнічних робіт, включаючи пошук, знешкодження й транспортування вибухонебезпечних предметів і боєприпасів, ведення розвідки усередині приміщень і на місцевості;
- проведення аварійно-рятувальних і спеціальних робіт в умовах хімічного забруднення, візуальний огляд об'єкта, інструментальна приладова розвідка й визначення рівнів забруднення повітря, відбір проб, у т.ч. ґрунту й води, виконання технологічних операцій по локалізації джерела забруднення;
- ведення радіаційної розвідки, дозиметричного контролю місцевості;
- позначення зараженої зони;
- виявлення й ліквідація джерел підвищеної радіації;
- збір, роздрібнення, контейнерування й транспортування небезпечних предметів;
- відбір проб ґрунту й рідини.

На рис. 3.5 показана операція зварювання роботом складального вузла легкового автомобіля на АвтоВАЗі.



Рисунок 3.5 – Виконання роботом операції зварювання

МРК-2 застосовується при дозиметричному контролі на об'єктах зберігання відпрацьованого ядерного палива. Його призначенням є проведення інспекційних перевірок й аварійно-рятувальних робіт. Він здатний виконувати візуальну розвідку; газову, хімічну, радіаційну розвідку місцевості, а також проводити аварійно-рятувальні роботи. На рис. 3.6 показаний робот-пожежник, що проводить рятувальну операцію під час антитерористичних навчань (працював як з макетами, так і справжніми людьми, що зображують жертв теракту).

3.5 Мехатроніка в медицині

У цей час бурхливо розвиваються високі медичні технології. У багатьох розвинених країнах активно ведуться розробки різних мехатронних пристроїв медичного призначення. Основні напрямки розвитку медичної мехатроніки – розробка систем для реабілітації інвалідів, виконання сервісних операцій, а також для клінічного застосування. Основні напрямки розвитку медичної мехатроніки представлені на рис. 3.7.



Рисунок 3.6 – Робот робить
рятувальну операцію (м. Токіо)

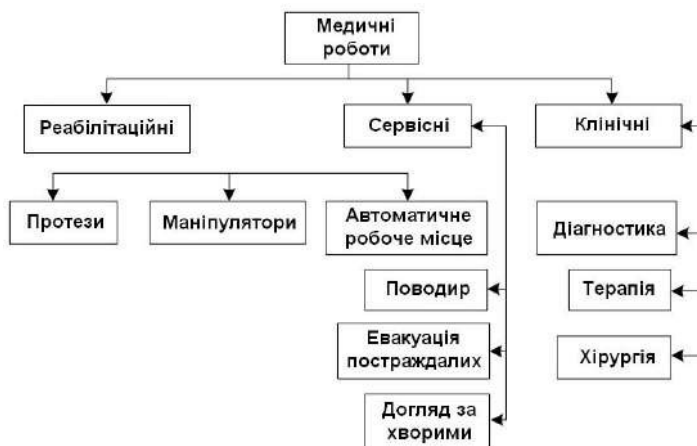


Рисунок 3.7 – Основні напрямки
розвитку медичної мехатроніки

Усе більшу роль відіграють мікророботи, здатні самостійно функціонувати усередині людського організму. Відзначимо, що медичні робототехнічні системи є медичними по своїй суті, поєднуючи в єдине ціле механічні й електронні компоненти, що функціонують у складі інтелектуальної робототехнічної системи.

Нижче розглянуті основні досягнення в області медичної мехатроніки й намічені перспективи її подальшого розвитку.

Роботи для реабілітації інвалідів.

Медичні роботи реабілітації призначені головним чином для вирішення двох завдань: відновлення функцій втрачених кінцівок і життєзабезпечення інвалідів, прикутих до ліжка (з порушеннями зору, опорно-рухового апарата та іншими тяжкими захворюваннями).

Історія протезування нараховує не одне сторіччя, але до мехатроніки безпосереднє відношення мають лише так звані протези з посиленням.

Сучасні автоматизовані протези не знайшли широкого застосування через конструктивні й експлуатаційні недосконалості й малу надійність в роботі. Але вже зараз робиться багато чого, щоб поліпшити їхні характеристики за рахунок впровадження в їхню конструкцію нових матеріалів і елементів, таких, як плівкові тензодатчики для керування силою стиску пальців руки-протеза, електронно-оптичні датчики, змонтовані в оправі окулярів для керування протезом руки за допомогою очей пацієнта й т.п.

У Японії розроблена механічна рука, виконавчий орган якої має шість ступенів волі й систему керування протезом. В Оксфордї (Великобританія) створена система керування для маніпуляторів, призначених для протезування, особливістю яких є здатність виконання завдань заздалегідь не запрограмованих. Вони забезпечують обробку сенсорної інформації, включаючи систему розпізнавання мови.

Однією із проблем є формування керуючих сигналів пацієнтом без допомоги кінцівок. Відомі пристрої для допомоги пацієнтам із двома або чотирма ампутованими або паралізованими кінцівками, що приводяться в рух за допомогою електричного сигналу, що виникають у результаті скорочення м'язів голови або тулубу.

Розроблена конструкція механічної руки з телесистемою, керування якою здійснюється датчиками на голові хворого, що реагують на рух голови або брів, що й подають сигнали мікропроцесору, що управляє виконавчим органом маніпулятора.

Для вирішення завдань життєзабезпечення нерухливих

хворих створені різні варіанти роботизованих систем. Якісно новим конструктивним рішенням є антропоморфна рука-маніпулятор, змонтована на інвалідній колясці й керована ЕОМ.

Важливою проблемою, пов'язаною з реабілітацією інвалідів, є створення для них робочих місць. У Великобританії розроблене автоматизоване робоче місце для інвалідів з порушеннями опорно-рухової системи.

Робот являє собою манипуляційну систему, яка управляє мовними командами оператора; він здатний за бажанням пацієнта вибирати музичні диски, книги, перевертати аркуші книги, що читається, перемикає периферійні пристрої комп'ютера, набирати номери телефонів. Такі заходи забезпечують пацієнтам можливість спілкування один з одним і сприяють їхньому усвідомленню себе як повноправного члена суспільства.

У США було розроблено автоматизоване робоче місце з антропоморфною рукою-маніпулятором для інвалідів, що страждають важкою формою порушення опорно-рухової системи. Пацієнт із мінімальним рівнем підготовки може управляти роботом, призначеним для приймання їжі, питва, догляду за волоссям, чищення зубів, читання, користування телефоном, а також для роботи на персональному комп'ютері.

Контролер, розміщений під підборіддям пацієнта, для керування автоматизованим робочим місцем може монтуватися на інвалідній колясці або на столі робочого місця. Це робить, зокрема, можливим використання великого числа автоматизованих робочих місць для одночасної годівлі групи пацієнтів.

Сервісні роботи.

Медичні роботи сервісного призначення покликані вирішувати транспортні завдання по переміщенню пацієнтів, різних предметів, пов'язаних з їхнім обслуговуванням і лікуванням, а також виконувати необхідні дії по догляду за хворими, прикутими до постелі.

Впровадження в систему охорони здоров'я роботів цієї групи дозволить звільнити медперсонал від рутинної допоміжної роботи, надавши йому можливість займатися своїми професійними справами.

Розроблений робот, що виконує функції, пов'язані з

додаванням великих зусиль – транспортування, укладення хворих і т.п. Робот являє собою електрогідравлічну систему з автономним джерелом живлення. Можливість управляти роботом надається як пацієнтові, так і медперсоналу. Він оснащений сенсорною системою.

У Великобританії розробляється роботизований пристрій, здатний виконувати операції по перекиданню лежачих важкохворих з метою усунення в них пролежнів. У результаті з'являється можливість усунути змушені втрати й звільнити медсестер від виконання цієї виснажливої роботи. Такі пристрої дозволяють, зокрема, одному медпрацівникові мити у ванні важкохворих, не прибігаючи до допомоги інших співробітників.

У Японії розроблений зразок мобільного робота – поводиря Meldog для сліпих, що представляє собою невеликий транспортний чотириколісний повнопривідний візок, система керування якого оснащена системою технічного зору та ЕОМ. В пам'ять ЕОМ записаний маршрут руху в межах даного населеного пункту. Одні датчики робота по місцю розташування стін будинків і обраних опорних точок ідентифікують вуличні перехрестя, інші виявляють дорожні перешкоди. По сигналах з датчиків бортова ЕОМ робота виробляє стратегію подолання перешкод. Робот – поводитир управляє рухом сліпого пацієнта за допомогою елементів зв'язку.

Впровадження транспортних мобільних роботів в інфраструктуру медичних установ значно полегшить вирішення питання про нестачу молодшого медичного персоналу.

Основними видами транспортувальних робіт, які передбачається доручати медичним мобільним роботам, є: централізована доставка медичних матеріалів і устаткування, лотків і піддонів з їжею для пацієнтів, лабораторних аналізів, готових медикаментів, пошти для хворих, а також утилізація й транспортування матеріалів і відходів зі службових приміщень.

У Канаді ведуться дослідження зі створення медичного мобільного робота автономного керування з високими тактико-технічними характеристиками. З метою забезпечення високої функціональної надійності система керування робота оснащена резервною системою керування, а також системою самодіагностики, здатної в автоматичному режимі визначати

відмови в системі керування та їх причини.

У Японії для транспортування лежачих хворих у межах госпіталю розробляється медична мобільна робототехнічна система, що представляє собою дистанційно керований транспортний візок. Робот оснащений пристроєм для перекладки хворого з лікарняного ліжка на транспортувальний засіб.

За останні роки підвищився інтерес до мобільних госпітальних роботів і в ряді європейських країн. У Франції та Італії ряд провідних робототехнічних і електронних компаній почали розробку роботизованих систем для транспортування продуктів, як у госпіталі, так і в офісі. Ведуться роботи зі створення роботів для евакуації поранених із зон природних і техногенних катастроф.

Клінічні роботи – призначено для вирішення трьох головних завдань: діагностики захворювань, терапевтичного й хірургічного лікування. Передбачається, що масова поява медичних приладів різного призначення, керованих ЕОМ, вплине на лікарську практику.

Ряд існуючих **діагностичних систем** із зображенням на екрані досліджуваної області (наприклад, томографічний прилад, керований від ЕОМ), уже використовує елементи мехатроніки й робототехніки.

Існує кілька різновидів **комп'ютерних томографів**, що відрізняються видом енергії, використовуваної для одержання зображення внутрішніх органів (тут розглянутий рентгенівський томограф).

Томограф створює цифрове зображення шляхом виміру інтенсивності рентгенівських променів, що пройшли через тіло під час обертання рентгенівської трубки навколо пацієнта.

Коефіцієнт поглинання віялового пучка рентгенівських променів в об'єкті виміряється за допомогою набору з декількох сотень або декількох тисяч рентгенівських детекторів (звичайно твердокристалічних).

Детектори збирають інформацію в кожній із проекцій, яка потім оцифровується й аналізується комп'ютером. На основі отриманих даних комп'ютер реконструює поперечне зображення органу. Це зображення має цілий ряд переваг перед звичайним рентгенівським знімком, включаючи можливість вибору

потрібної проєкції, а також високу здатність до передачі об'єктів з низькою контрастністю, яка в комп'ютерних томографів значно вища, ніж в інших методах побудови рентгенівського зображення.

Рентгенівські томографи складаються з наступних основних частин: скануючого пристрою, рентгенівської системи, механізму повороту рентгенівської трубки, пульта керування й ЕОМ.

Скануючий пристрій являє собою кругову рамку, у яку вмонтована обертова рентгенівська трубка й велика кількість сприймаючих детекторів. При томографії нерухливого об'єкта, рентгенівська трубка за допомогою спеціального приводу робить круговий рух усередині рамки, при цьому випромінюється тонкий пульсуючий пучок рентгенівського випромінювання, що проходить через об'єкт під різними кутами.

Пройшовши через м'які тканини рентгенівське випромінювання реєструється сприймаючими датчиками, інформація з яких надходить для обробки в ЕОМ. При цьому розраховуються коефіцієнти поглинання рентгенівського випромінювання в кожній точці зрізу. Після складної математичної обробки прийнятої інформації одержують плоске зображення досліджуваного зрізу органа.

Рентгенівська система складається із трубки й генератора. Рентгенівська трубка працює в імпульсному режимі із частотою імпульсів 50 Гц при напрузі 100-130 кВ. Трубка має подвійне охолодження: сама трубка охолоджується маслом, масло у свою чергу охолоджується водою або вентилятором. Трубка живиться від високовольтного генератора, що працює в імпульсному режимі.

Пульт керування є важливою ланкою комп'ютерного томографа. Він безпосередньо зв'язаний зі скануючою системою та ЕОМ. До складу пульта входять два відеомонітори, один з яких текстовий, а інший призначений для зображення зрізів.

Програма сканування визначає товщини зрізів, їхню кількість, швидкість та крок сканування, кількість знімків, тощо. За допомогою світлового пера лікар може в цифровому виді одержати інформацію про оптичну щільність ділянки зрізу яка цікавить, виміряти відстані між заданими точками зображення зрізу для оцінки розміру органа або патологічного вогнища.

У Японії запатентований *мікроманіпулятор*, призначений для проведення медичних і біологічних досліджень на клітинному рівні, що дозволяє вимірювати електричний опір клітки, робити мікро-ін'єкції в клітку медичних препаратів і ферментів, міняти конструкцію клітки й витягати її вміст.

Іншою областю застосування роботів є *радіотерапія*, де вони використовуються при проведенні заміни декількох дорогих стаціонарних радіоактивних джерел у багатопромених установках з метою зниження рівня радіаційної небезпеки для медичного персоналу. Проводяться також роботи зі створення робота-масажера.

Існує ряд складних *хірургічних операцій*, виконання яких стримується відсутністю досвідчених хірургів, оскільки такі операції вимагають високої точності виконання. Наприклад, у мікрохірургії ока існує така операція, як радіальні розрізи рогової оболонки (radial keratotomy), за допомогою якої можна коректувати фокусну відстань ока при усуненні короткозорості.

Ідеальна глибина надрізу оболонки ока повинна не перевищувати 20 мкм. Досвідчений хірург при проведенні цієї операції може виконувати надрізи на глибину 100 мкм.

У Канаді розробляється медичний робототехнічний комплекс, здатний робити високоточні надрізи на очній роговиці й забезпечувати потрібну кривизну ока. Іншим прикладом виконання хірургічних операцій високої точності є мікронейрохірургія. У Великобританії вже розроблений медичний робот для мікрохірургії мозку.

Створений у США медичний робот з маніпулятором «Пума» продемонстрував можливість добування шматочка тканини головного мозку для проведення біопсії. За допомогою спеціального скануючого пристрою із тривимірною системою відображення інформації визначалися місце й швидкість уведення двоміліметрового свердла для забору зразків мозкової тканини.

У Франції розробляється медичний робот-асистент для надання допомоги при проведенні хірургічних операцій на хребті, коли будь-яка помилка хірурга може привести до повної паралізації пацієнта. У Японії створений медичний робот продемонстрував можливість трансплантації роговиці ока, узятій

в мертвого донора.

До переваг медичних роботів відноситься їхня здатність відтворювати необхідну послідовність складних рухів виконавчих інструментів. У Великобританії продемонстрований медичний робот – тренажер для навчання лікарів і моделювання процесів хірургічних операцій на простаті, у ході яких проводиться серія складних надрізів у різних напрямках, послідовність виконання яких важка для запам'ятовування й виконання.

У США запатентована роботизована система для допомоги хірургові при виконанні операцій на кістках. Дана система застосовується в ортопедичних операціях, при яких найважливішим є точне позиціонування інструмента щодо колінного суглоба.

Усі зміни на кістці відображаються на екрані монітора. В операційній цей екран покривається стерильною плівкою, що дозволяє хірургові безпосередньо управляти хірургічним операційним процесом. Програми операцій базуються на геометричних співвідношеннях між параметрами протеза, параметрами кісткових розрізів і осями свердлення отворів. Робот буде переміщати інструмент по певних позиціях у відповідних площинах.

В останні роки в області автоматизації хірургічних процесів з'явилися повідомлення про спроби створення роботизованих систем для дистанційної хірургії за допомогою телевізійних установок, коли хірург і пацієнт розділені великими відстанями.

До числа найбільш актуальних завдань відноситься **діагностика й хірургія судинних захворювань**. У Японії, Італії, Росії ведуться роботи зі створення мобільних мікророботів, призначених для руйнування атеросклеротичних відкладань у кровоносних судинах.

Передбачається, що мобільні мікророботи будуть працювати в автоматичному режимі, переміщаючись по анатомічному руслу кровоносної системи. Система включає артеріальний носій – мікроробот, здатний переміщатися по кровоносному руслу й оснащеному ультразвуковим мікродатчиком, а також необхідним робочим інструментом.

У Канаді проводяться експериментальні дослідження

телеоператора-робота для лапароскопічних операцій.

На рис. 3.8 показано, як хірурги за допомогою робота по імені Да Вінчі роблять операцію по видаленню грижі в університетській клініці в Женеві, Швейцарія. В 2008 році було відкрите відділення для роботизованої хірургії, де до 80 хірургів з різних країн миру мали можливість випробувати такий метод.



Рисунок 3.8 – Хірургічна операція
за участю робота

Відзначимо, що клінічні робототехнічні системи є ергатичними, тобто функціонують при участі оператора. Такі робототехнічні системи дозволяють не тільки відмовитися в ряді випадків від традиційних медичних технологій, але й суттєво полегшити умови праці хірурга й лікаря-діагноста. На рис. 3.9 показаний доктор Кліффорд (уролог) за штурвалом робота Да Вінчі в лікарні міста Мілтон штату Массачусетс.

Система робота складається із трьох основних частин – панель керування для роботи оператора-лікаря, де зосереджене основне керування роботом, приладова дошка й основний модуль – операційна панель із 4-ма маніпуляторами.

Медична мехатроніка перебуває в стані швидкого підйому, темпи якого значно вищі, ніж у традиційних областях мехатроніки. Але є фактори, що стримують застосування мехатронних пристроїв у медичній практиці.



Рисунок 3.9 – Доктор-Уролог
за штурвалом робота

Найважливішим серед них є психологічний фактор, що викликає відторгнення ідеї застосування мехатроніки для настільки делікатної сфери, як організм людини. Його подолання вимагає відношення до мехатроніки, у першу чергу, як до засобу, інструмента медичної практики лікаря, хірурга. Необхідно звернути увагу на забезпечення надійності мехатронних систем та їх безпеку для пацієнта.

Іншим стримуючим фактором є роз'єднаність і неповне взаємне розуміння фахівців в області техніки й медицини. Ця обставина вимагає підготовки фахівців нового типу, що володіють не тільки інженерними знаннями, але й добре знайомими з особливостями медичних технологій.

Штучне серце. Сьогодні не вдається повністю задовольнити потребу в донорському серці, тому актуальним залишається завдання по створенню автономних портативних імплантованих пристроїв типу «штучне серце». Такі пристрої складаються із джерела живлення й рушія-перетворювача, до якого часто додається проміжний перетворювач рухів, що забезпечує передачу енергії на робочий або виконавчий орган, і комп'ютерної системи керування, що регулює роботу пристрою.

3.6 Периферійні пристрої комп'ютерів як мехатронні об'єкти

Периферійними пристроями комп'ютера (пристроями введення — виводу або зовнішніми пристроями) називаються пристрої, за допомогою яких в ЕОМ вводиться інформація для її наступної обробки, а також виводяться проміжні й остаточні результати, її обробка у формі, доступній для сприйняття людиною й використання для керування об'єктами. Такі пристрої являють собою блоки, зовнішні стосовно процесора.

Деякі периферійні пристрої комп'ютера містять тільки електронні вузли й компоненти (монітори, модеми, звукові карти, додаткові блоки оперативної пам'яті, інтерфейси для зв'язку з об'єктами керування).

Деякі з них крім електронних систем мають найпростіші механічні вузли (клавіатура, миша), а частина має складну механічну систему зі своїм мікропроцесорним керуванням (принтери, плоттери, дискові пристрої, накопичувачі інформації на оптичному диску).

Останні для забезпечення точності, і швидкодії роботи механічних вузлів постачені великою кількістю аналогових і цифрових датчиків і найчастіше інтелектуальними системами керування. Такі пристрої є типово мехатронними об'єктами.

Одним з найбільш складних мехатронних об'єктів серед периферійних пристроїв комп'ютерів є накопичувач інформації на оптичному диску. Типовий DVD-дисковод складається із плати електроніки, шпиндельного двигуна, механічної системи оптичної зчитувальної головки й механізму завантаження диска.

На платі електроніки розміщені всі керуючі схеми дисководу, інтерфейс із контролером, рознімання інтерфейсу й двоконтактне рознімання виходу звукового сигналу. Шпиндельний двигун служить для приведення диска в обертання з постійною або змінною лінійною швидкістю.

Збереження постійної лінійної швидкості вимагає зміна кутової швидкості диска залежно від положення оптичної головки. При пошуку фрагментів він може обертатися швидше, чим при зчитуванні даних, тому двигун має гарну динамічну характеристику.

На осі шпинделя закріплена феромагнітна підставка, поверхня якої звичайно покрита гумою або м'яким пластиком для запобігання проковзування компакт-диска. Після завантаження диск притискається до підставки за допомогою розташованої зверху шайби з постійним магнітом.

Система оптичної головки включає саму головку й механізм її переміщення. У головці розміщені: випромінювач, виконаний на основі інфрачервоного лазерного світлодіода, пристрій фокусування, фотоприймач і попередній підсилювач.

Пристрій фокусування являє собою рухливу лінзу, що приводиться в рух електромагнітною котушкою, яка аналогічна застосовуваний в гучномовці. Зі зміною напруженості магнітного поля лінза зрушується й відбувається перефокусування лазерного променя. Завдяки малій інерційності така система ефективно відслідковує вертикальні биття диска. Точність фокусування ± 1 мкм (при діаметрі світлової плями 0,9 мкм).

Механізм переміщення оптичної головки має власний двигун, що приводить у рух каретку з головою за допомогою зубчастої або черв'ячної передачі. Для виключення люфту передбачене з'єднання з початковою напругою (для черв'ячної передачі це підпружинені половини веденої шестірні). Точність переміщення по координаті трекингу (по радіусу) – 0,1 мкм.

Пристрій завантаження диска може виконуватися з використанням висувного лотка й завантаження шляхом прямої вставки диска в прийомну щілину накопичувача. У всіх цих випадках накопичувач містить двигун для втягування-висування лотка, а також пристрій для переміщення рами, на якій закріплена вся механічна частина разом зі шпинделем і приводом оптичної головки, у робоче положення, коли диск лягає на підставку.

Система керування побудована на однокристальній мікро-ЕОМ, яка контролює й координує роботу всіх пристроїв накопичувача DVD-ROM, видаючи команду на виконання наступної операції тільки після успішного завершення попередньої.

3.7 Мехатронні системи в побуті

Побутові (домашні) роботи призначені для автоматизації різних операцій як безпосередньо в побуті людини, так і в сфері

обслуговування. Ці роботи покликані реалізувати найважливіше соціальне завдання суспільства – вивільнення часу людину для духовного життя.

Створення побутових роботів – досить складне наукове й інженерне завдання, тому що тут необхідні гнучкі універсальні системи, тобто чутливі роботи з елементами інтелекту, здатні самостійно виконувати різні, на перший погляд прості роботи – готування їжі, миття посуду, прибирання приміщень, шиття й ремонт одягу, догляд за дітьми, навчання різним навичкам, розвага людей та ін., але вони зовсім не піддаються твердій регламентації. Особливу роль відіграють робототехнічні й кібернетичні системи, що забезпечують безпеку й контроль стану житла (так званий «Розумний будинок»).

До добре розроблених, і таких що міцно ввійшли в наше домашнє життя мехатронних систем, можна віднести пральні машини з мікропроцесорним керуванням, які на основі аналізу забруднення білизни самостійно вибирають режими роботи, музичні центри з безліччю сервісних функцій, інтелектуальні кондиціонери, що вибирають режими роботи залежно від часу доби, кількості людей що перебувають у приміщенні, температури зовнішнього повітря й складу повітря усередині приміщення, фотоапарати й багато чого іншого.

3.8 Транспортні мехатронні системи

До мехатронних систем на рейковому транспорті відносяться: система ефективного управління рухом поїзда, гальмова система, дверні системи, системи кондиціонування повітря, системи діагностики поворотних візків, система розпізнавання сходу з рейок, системи подачі піску, і склоочисні системи та ін.

Система ефективного управління рухом поїзда, наприклад система LEADER® (Locomotive Engineer Assist / Display & Event Recorder) для пасажирських поїздів містить у собі встановлений на пульті керування машиніста дисплей, який управляється потужним комп'ютером.

За допомогою цього дисплея машиніст електропоїзда одержує рекомендації з руху, розраховані на основі різних даних. Вони, зокрема, надходять із передбаченої бази даних, у якій

утримується необхідна інформація про маршрут, склад поїзда, а також про відповідний розклад руху. GPS-приймач збирає інформацію про поточне положення й швидкість поїзда.

Дана система оптимізує профіль руху й тим самим мінімізує утворення непотрібної кінетичної енергії, а також її перетворення в теплову енергію при гальмуванні. Таким чином, за рахунок економії палива можна значно знизити рівень викидів CO₂.

Система забезпечує ефективне управління рухом поїзда. Максимально строгі дотримання передбаченого розкладу руху значно підвищує точність руху поїздів. Залізничне сполучення строго за розкладом підвищує задоволеність клієнтів і не в останню чергу – пропускну здатність певних ділянок. Зменшується зношування гальмової системи, що значно скорочує експлуатаційні витрати.

Дуже відповідальною є гальмова система рейкового транспорту. Вона містить у собі (рис. 3.10) електронну систему керування, пневматичні системи регулювання, систему повітропостачання, гідравлічні гальмові системи й додаткові пристрої (наприклад, системи подачі піску).



Рисунок 3.10 – Гальмова система поїзда

Керування гальмом – це вкрай важлива частина системи поїзда, що впливає на безпеку, тому що вона повинна сприяти надійній зупинці поїзда в будь-яких умовах експлуатації.

Оптимальний процес гальмування досягається, коли на всіх осях або поворотних візках усього поїзда прикладається індивідуальна сила гальмування. І це все при приведенні в дію

машиністом локомотива одного єдиного гальмового важеля!

Із цієї причини в сучасних системах керування гальмом вбудовується набір додаткових інтелектуальних функцій:

- залежно від навантаження гальмування завантажених і ненавантажених вагонів;
- антиблокувальна гальмова система (запобігання від ковзання);
- контроль уважності машиніста локомотива (пристрій безпеки);
- примусове гальмування з дистанційним керуванням (локомотивна сигналізація, PenaltyBrake);
- екстрене гальмо для пасажирів;
- пристрій, що збільшує зчеплення колеса з дорогою при проковзуванні коліс (захист від буксування).

Не важливо, чи є на поїзді механічне гальмо, магніторельсове гальмо, електродинамічне гальмо-сповільнювач або гальмування генератором за рахунок повороту привода: система керування гальмом у кожному разі опікується про оптимальну погодженість різних систем.

В основі всіх рішень лежить безпека й економічність. Повітропостачання забезпечується компресорною системою, що охоплює виробництво стисненого повітря за допомогою компресорів, а також підготовку повітря. Результатом є постачання системи стисненим повітрям у певній кількості й потрібній якості.

Стиснене повітря – це носій енергії для елементарних функцій поїзда. Крім приведення в дію гальма, воно також застосовується для відкриття дверей, керування пневматичною підвіскою, устаткуванням подачі піску, а також для підйому пантографів (струмоприймачів) і для приведення в дію склоочисника.

Існує тенденція до більш компактних, більш легких транспортних засобів зі зростаючим рівнем безпеки й потужності, тому попитом користуються інноваційні концепції для надійного нагнітання стисненого повітря.

За рахунок скорочення інтерфейсів можна досягти коротких строків монтажу або демонтажу. За рахунок високої надійності вбудованої системи значно підвищується готовність усієї системи

поїзда.

Система розпізнавання сходу з рейок (рис. 3.11) теж має велике значення. Схід з рейок може стати причиною важких нещасних випадків, а при транспортуванні небезпечного вантажу – навіть катастрофи. Тому застосовуються детектори сходу з рейок для поліпшення безпеки рейкового транспорту.

На вибір є електронна й пневматична системи – обидві підходять для великої кількості типів транспортних засобів. Детектор сходу з рейок розпізнає вісь, що зісковзнула, захоплюючи й аналізуючи удари ходових коліс по шпалам. Машиніст локомотива одержує або попереджувальний сигнал, або поїзд сам автоматично зупиняється.



Рисунок 3.11 – Мехатронні системи поїзда

Ціль системи – обмеження непрямих збитків після сходу з рейок.

Система застосовується:

- у пасажирських вагонах;
- у метро й міській залізниці;
- у мотор-вагонних поїздах;
- під час перевезення небезпечних вантажів;
- у вантажних вагонах;
- у вагон-цистернах.

Переваги:

- підвищена безпека для людей і матеріалів;
- обмеження непрямих збитків після сходу з рейок;
- подача повідомлення діагностики або безпосереднє гальмування поїзда при сході осі з рейок;
- просте дообладнання на існуючому вагоні;
- низькі виробничі витрати.

Вхідні дверні системи. Посадка й висаджування пасажирів може привести до затримки. Тому якість і надійність вхідних систем має вирішальний вплив на економічність рейкового транспорту.

Розрахунки показують, що економічна користь від високоякісної системи керування дверима перевищує витрати на її придбання майже вдвічі. Тому при розробці систем визначення й допомоги при посадці головна увага приділяється безпеці й комфорту пасажирів. Дверні системи знаходять своє застосування як у метро, трамваях, так і в пасажирських вагонах приміських поїздів, поїздів далекого прямування, швидкісних поїздах. У дверні системи входять:

- зовнішні двері, розсувні й відкидні двері (рис. 3.12);
- внутрішні двері, перехідні двері, протипожежні двері;
- двері кабіни машиніста, кришки завантажувальних люків;
- рами, відкидні й розсувні підніжки (рис. 3.13);
- системи керування дверима, мікропроцесорні пристрої керування (рис. 3.14);
- системи захисту від заклинювання й системи виявлення защемлення для запобігання нанесення пасажиром травм дверима.

Дверні системи на перонах. Розсувні дверні системи на перонах (рис. 3.15) виявляють вирішальний внесок у безпеку, кліматизацію й чистоту на пероні. Вони поширюються на всю довжину перону. Поїзд зупиняється на позиції, у якій двері транспортного засобу й двері перону збігаються. Кожні двері перону складаються з автоматичних розсувних дверей із двома стулками. Ці двері вбудовані в скляний елемент стіни. Закритий корпус блоку керування дверима перешкоджає неправомочному доступу.



Рисунок 3.12 – Зовнішні двері вагона



Рисунок 3.13 – Рампи, відкидні й розсувні підніжки

Пороги перону дають дверям і елементам стіни додаткову опору. Дверні системи перонів, або в повну висоту, або в половину висоти, утворюють захист між пасажиром і поїздом, а також рейками. За рахунок цього значно підвищується безпека пасажирів. Використання дверей у всю висоту захищає пасажирів також від бруду, турбулентності повітря й шуму, що виникають через під'їзд і від'їзд поїздів. Дверні системи перонів дозволяють створити кондиціювання перону.



Рисунок 3.14 – Системи керування дверима,
мікропроцесорні пристрої керування



Рисунок 3.15 – Дверна система перону

Кожна дверна система перону відкривається й закривається синхронно із дверима поїзда. Завдяки застосуванню дверних систем перонів експлуатуюче підприємство користується з поліпшеного дотримання графіка руху й оптимізованої ефективності експлуатації.

3.9 Мехатронні системи на водному транспорті

Мехатронні системи на морському транспорті знаходять усе більш широке застосування для інтенсифікації праці екіпажів морських і річкових судів, пов'язаних з автоматизацією й механізацією основних технічних засобів, до яких відносяться головна енергетична установка з обслуговуючими системами й

допоміжними механізмами, електроенергетична система, загально суднові системи, кермові пристрої й двигуни.

У морських умовах неможливе застосування звичайних методів попередньої розвідки (пошукова партія або детальне аерофотознімання), тому найбільш широке поширення одержав сейсмічний метод геофізичних досліджень (рис. 3.16).

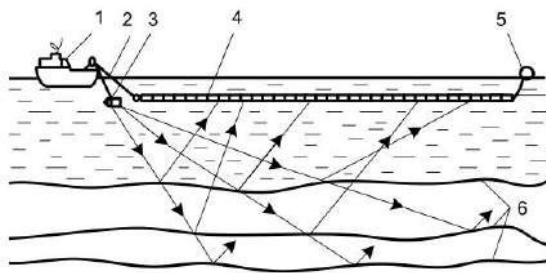


Рисунок 3.16 – Схема проведення геофізичних досліджень

Геофізичне судно 1 буксирує на кабель-тросі 2 пневматичну гармату 3, що є джерелом сейсмічних коливань, сейсмографну косу 4, на якій розміщені приймачі відбитих сейсмічних коливань, і кінцевий буй 5. Профілі дна визначають за допомогою реєстрації інтенсивності сейсмічних коливань, відбитих від прикордонних шарів 6 різних порід.

Для одержання достовірної геофізичної інформації судно повинне втримуватися на заданому положенні щодо дна (лінії профілю) з високою точністю, незважаючи на малу швидкість руху (3-5 вузлів) і наявність буксированих пристроїв значної довжини (до 3 км) з обмеженою механічною міцністю. За допомогою мехатронної системи можна автоматично вивести судно на запрограмовану траєкторію й утримувати на ній.

Питання для самоперевірки

1. Що розуміють під словом «робот»?
2. Як класифікуються роботи за ступенем участі людини в їхньому управлінні?
3. Як класифікуються роботи по типу вирішуваних завдань?
4. Як класифікуються промислові роботи?