Міністерство освіти і науки україни

Національний авіаційний університет

Кафедра біокібернетики та аерокосмічної медицини

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ В. Д. Кузовик

“\_\_”\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2020 р.

**ДИПЛОМНА РОБОТА**

**(пояснювальна записка)**

випускника освітньоГО СТУПЕНЯ

“МАГІСТР”

**Тема:** Пристрій керування мехатронним модулем

**Виконавець:** Лисенко О.М.

**Керівник:** к.т.н., доцент Кучеренко В.Л.

**Нормоконтролер:** к.т.н., доцент Кучеренко В.Л.

**Київ 2020**

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут ФЕБІТ

Кафедра Кафедра біокібернетики та аерокосмічної медицини

Спеціальність: 6.050902 «Радіоелектронні апарати»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_\_\_\_\_ В. Д. Кузовик

“\_\_\_\_” \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2020 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на виконання дипломної роботи**

Лисенко Олексій Миколайович

1. **Тема роботи:** Пристрій керування мехатронним модулем, затверджена наказом ректора від «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_ р. №\_\_\_\_\_\_\_\_\_.
2. **Термін виконання роботи:** з « \_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ по «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_
3. **Вихідні дані до роботи:** інструкція з експлуатації РФ-202М; структурна та функціональна схеми маніпулятора РФ-202М.

**4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці):** огляд наукової літератури щодо основних теоретичних положень за темою дипломної роботи; побудова кінематичної моделі мехатронного модуля; розробка структурної схеми пристрою керування мехатронним модулем; розрахунок та вибір елементів пристрою керування; побудова алгоритму керуванням мехатронним модулем.

**5. Перелік обов`язкового графічного ( ілюстративного ) матеріалу:** графічна структурна схема розроблюваного пристрою; графічна схема пристрою керування мехатронним модулем та кінетична модель; блок-схема програмного забезпечення.

**6.** **Календарний план-графік**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| №  пор. | Завдання | Термін виконання | Відмітка про виконання |
| 1 | Отримання завдання та огляд літератури за темою дипломної роботи. |  | Виконано |
| 2 | Оформити і обговорити з науковим керівником I розділ роботи |  | Виконано |
| 3 | Оформити і обговорити з науковим керівником II розділ роботи |  | Виконано |
| 4 | Оформити і обговорити з науковим керівником III розділ роботи |  | Виконано |
| 5 | Оформити і обговорити з науковим керівником IV розділ роботи |  | Виконано |
| 6 | Оформити і обговорити з науковим керівником V розділ роботи |  | Виконано |
| 7 | Розробка презентація МС |  | Виконано |
| 8 | Оформлення пояснювальної записки |  | Виконано |
| 9 | Оформлення супровідних документів |  | Виконано |

**7. Дата видачі завдання:** « » \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ р.

Керівник дипломної роботи: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Кучеренко В. Л.

(підпис керівника)

Завдання прийняла до виконання: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Лисенко О.М.

(підпис студента)

# РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Пристрій керування мехатронним модулем»: 96 сторінок, 18 рисунків, 38 використаних джерел.

Об’єкт дослідження – мехатронний модуль

Предмет дослідження – пристрій керування мехатронним модулем

Мета дипломної роботи – забезпечення зручності та механічної моторики під час функціональної діяльності лікарів.

Методика дослідження спирається на закони механіки, математичний апарат, кінематики, радіоелектроніки та алгоритми умовної оптимізації. В результаті роботи було розроблено пристрій керування мехатронного модуля.

ПРИСТРІЙ КЕРУВАННЯ, МЕХАТРОННИЙ МОДУЛЬ, СИСТЕМА КЕРУВАННЯ, КІНЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РОБОТА, МЕДИЧНИЙ МЕХАТРОННИЙ МОДУЛЬ, , ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМУ.

Зміст

[РЕФЕРАТ 4](#_Toc30978825)

[ВСТУП 8](#_Toc30978826)

[РОЗДІЛ 1. ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ 9](#_Toc30978827)

[1.1. Основні поняття та визначення мехатронних систем 9](#_Toc30978828)

[1.2. Класифікація мехатронних комплексів та систем 15](#_Toc30978829)

[1.3. Аналіз існуючих систем управління мехатронними модулями 20](#_Toc30978830)

[ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ 31](#_Toc30978831)

[Висновки до розділу 1 31](#_Toc30978832)

[РОЗДІЛ 2. СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ МЕХАТРОННИМИ МОДУЛЯМИ 32](#_Toc30978833)

[2.1. Кінематична модель пристрою керування мехатронним модулем 32](#_Toc30978834)

[2.2. Адаптивна система керування 37](#_Toc30978835)

[2.3. Система керування на основі штучного інтелекту 38](#_Toc30978836)

[2.4. Система керування жорсткою програмою 42](#_Toc30978837)

[2.5. Розробка програмного алгоритму керування мехатронним модулем 45](#_Toc30978838)

[Висновки до розділу 2 48](#_Toc30978839)

[РОЗДІЛ 3. РЕАЛІЗАЦІЯ ПРИСТРОЮ КЕРУВАННЯ МЕХАТРОННИМ МОДУЛЕМ 49](#_Toc30978840)

[3.1. Реалізація блоку сполучення мехатронного модуля та комп’ютера 49](#_Toc30978841)

[3.2. Реалізація блоку електричних ключів 54](#_Toc30978842)

[3.2. Реалізація блоку пам’яті мехатронного модуля 58](#_Toc30978843)

[3.3. Програмна реалізація пристрою керування 59](#_Toc30978844)

[Висновки до розділу 3 60](#_Toc30978845)

[РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ 61](#_Toc30978846)

[4.1. Аналіз небезпечних факторів для оператора при експлуатації пристрою керування мехатронним модулем. 61](#_Toc30978847)

[4.2.1. Зменшення дії небезпечних факторів при експлуатації пристрою керування мехатронним модулем 63](#_Toc30978848)

[4.2.2. Ліквідація і зменшення дії небезпечних факторів при використанні електричного струму 64](#_Toc30978849)

[4.3. Розрахунок освітлення приміщення 66](#_Toc30978850)

[4.4. Вибухова та пожежна небезпека в умовах експлуатації пристрою керування мехатронного модуля 71](#_Toc30978851)

[Висновки до розділу 4 76](#_Toc30978852)

[РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА 77](#_Toc30978853)

[5.1. Аналіз нормативно-правових актів з охорони навколишнього середовища 77](#_Toc30978854)

[5.2. Аналіз небезпечних факторів при використанні пристрою керування мехатронним модулем 82](#_Toc30978855)

[5.3. Заходи зменшення дії факторів, що негативно впливають на навколишнє середовище 84](#_Toc30978856)

[5.3.1. Життєвий цикл мехатронного модуля і використання природних ресурсів при виробництві 85](#_Toc30978857)

[5.3.2. Утилізація пристрою керування мехатронного модуля 86](#_Toc30978858)

[Висновки до розділу 4 92](#_Toc30978859)

[ВИСНОВКИ 93](#_Toc30978860)

[ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ 94](#_Toc30978861)

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ**

МР – маніпуляційні роботи

ЕОМ – Електронно-обчислювальна машина

СКШІ – система керування штучним інтелектом

 — максимальна напруга на світлодіоді

 — номінальний струм протікаючий через світлодіод

 — номінальний струм протікаючий через колектор фототранзистора

— опір ізоляції

 — напруга пробою ізоляції

 — максимальна напруга між емітором та колектором

 — максимальна напруга між колектором та базою

 — максимальна напруга між емітором та базою

 — коефіцієнт підсилення транзистора.

А — ампер – одиниця виміру електричного струму

В — вольт – одиниця виміру електричної напруги

R — Ом — одиниця виміру опору

С — вхід тактування,

EZ — вхід управління високоімпедансним станом

R —вхід скидання

D — інформаційний вхід

# ВСТУП

В даний час в різних областях застосовуються маніпуляційні роботи, які використовуються для виконання широкого спектру технологічних завдань. Основним типом мехатронних систем є мехатронні маніпулятори.

Вони являють собою складний електромеханічний об'єкт, що має низку особливостей. По-перше, маніпуляційні роботи відрізняються складною кінематичною структурою, що містить безліч незалежних або взаємопов'язані ланки. По-друге, зміна положення останніх в просторі впливає на фізичні сили, що діють на маніпулятор. По-третє, існує необхідність синхронного управління великим числом двигунів.

У зв'язку з наявністю зазначених особливостей, для впровадження МР в технологічних процес потрібно спеціально розробляються системи управління. Вони служать для організації взаємодії між людиною-оператором і МР, і забезпечують виконання процесів, необхідних для автоматизації технологічної операції.

У сучасній медицині робототехніка знайшла широке застосування як ефективний засіб автоматизації медичних процесів та процедур, заміни людської праці у важких або не комфортних умовах чи для більш високої точності і безпеченості проведення процедур. МР використовуються для вирішення маси найрізноманітніших технологічних завдань. Дані завдання завжди пред'являють до МР строгі вимоги по ряду критеріїв: по точності вимірювань положення, по точності позиціювання, за кількістю ступенів свободи і рухливості ланок. У зв'язку з цим, розробка як самого маніпулятора, так і програм управління ним представляє складну задачу, яка передбачає багатоетапні рішення.

Актуальність теми визначаються:

* проблемами сучасності в фінансуванні медицини;
* неможливість виконання тонких чи не глибоких надрізів хірургом;
* необхідністю створення допоміжного інструментарію та механізмів.

# РОЗДІЛ 1. ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

Даний розділ містить основні положення механотронних систем, базові поняття, область застосування. У першому підрозділі сформульовані основні поняття та визначення, також розглянуто модулі мехатронної системи. У другому підрозділі надана класифікація медичних мехатронних систем і наведено переваги та недоліка використання таких систем в медичній практиці. У третьому підрозділі аналіз існуючих медичних мехатронних комплексів та систем управління мехатронними модулями .

## Основні поняття та визначення мехатронних систем

Розвиток сучасної техніки все більше вказує на тісну інтеграцію апаратних і програмних частин приладів, яка утворює інтегральні системи, що називаються «мехатронними». Мехатроніка є молодою областю науки і техніки, яка виділилась як окремий напрям зовсім недавно. Рахується, що вперше термін «мехатроніка» запропоновано японцем Тецуро Мориа (TetsuroMoria), старшим інженером Yaskawa Electric, в 1969 в 1969 році. Термін складається з двох частин – «меха», від слова механіка і «троніка», від слова електроніка[1]. В широкому розумінні даного слова мається на увазі поєднання трьох областей науки:

1. Електроніки, що включає мікроелектроніку, силову електроніку, перетворювачі і вимірювачі інформації
2. Механіки і електромеханіки, що включають механічні елементи, машини, приводи, точну механіку та електричні елементи
3. Інформаційні технології, що включають теорію систем, моделювання, програмне забезпечення, штучний інтелект

Одна із причин підвищеної уваги до мехатроніки в теперішній час – постійне підвищення вимог до автоматизації процесів та процедур і зв’язана з цим необхідність створення машин і комплексів, механічних систем з принципово новими властивостями. Маніпуляційний робот являє собою багато степеневий, багато функціональний маніпулятор, призначений для того, щоб відтворювати деякі робочі функції людських рук з метою виконання різноманітних робіт.

По своїй структурі маніпулятор – багатоланкова машина, між окремими елементами яких існують механічні зв’язки. В залежності від області застосування можуть використовуватись різноманітні схеми побудови механічної частини маніпулятора, але все ж основна конструкція являє собою послідовність ланок, з’єднаних між собою обертально/поступальними парами[2]. Більшість маніпуляторів, що розробляються в теперішній час відносять до числа роботів з обертальною системою координат. Вони забезпечують найбільший об’єм робочої зони, в якій може здійснюватися рух. Їх структура дозволяє досягнути заданого положення і орієнтації робочого органу, в тому числі при накладенні обмежень на можливі переміщення, що виникають при знаходженні перешкод в робочій зоні.

Зі сторони механіки маніпулятор буде являтися системою твердих і пружних тіл, які будуть зв’язані між собою за допомогою різних видів зв’язків. З боку теорії механізмів будь-який розглянутий маніпулятор буде системою декількох тіл, які призначені для того, щоб перетворювати переміщення тіл в потрібні переміщення відмінних від них тіл, що говорить про те, що маніпулятор є просторовим механізмом з потрібним для функціонування числом ступенів свободи.

Тіла, які є твердими і входять в механічну систему маніпулятора, названі ланками. Дві дотичних одна з одною ланки, що знаходяться в рухомому з'єднанні, називаються кінематичної парою.

Класифікація кінематичних пар може бути, як за кількістю зв’язків, так і за кількістю ступенів свободи органів механізму [3]. З'єднання ланок, які утворюють між собою кінематичні пари, класифікується як кінематична ланцюг.

Число ступенів будь-якого розглянутого механізму буде визначатися числом узагальнених координат, за які приймаються деякі незалежні змінні, які можуть однозначно визначити положення маніпулятора в просторі.

Ключовим елементом мехатронних систем є мехатронний модуль руху. Одним із найперших таких модулів став свого часу мотор-редуктор, що поєднав у собі приводний електричний двигун та індустріальний механічний редуктор. Його використання значно спростило розробку та виготовлення машини, її надійність.

Подальша мініатюризація засобів силової та керуючої електроніки дала змогу конструктивно об’єднати з електромеханічними вузлами ще й електронні. З’явилися інтелектуальні мехатронні модулі (ІММ) у вигляді двигунів та мотор-редукторів з силовими перетворювачами (перетворювачами частоти) на борту. Подібні пристрої завдяки наявності в їх складі обчислювальних пристроїв здатні автономно виконувати переміщення робочих органів машин без постійного контролю з боку системи автоматизації верхнього рівня[3].

Велика кількість механізмів має поступальний рух робочого органу. Для них розроблені мехатронні модулі поступального руху. Цієї мети можна досягти за допомогою так званих «лінійних осей». Власне говорячи, це комплектний модуль(рис.1.1), до складу якого входить серводвигун 1 із перетворювачем частоти та електромагнітним гальмом, гвинт 2 та супорт із гайкою 3. Обертання валу двигуна та гвинта призводить до поступального переміщення супорту[4].

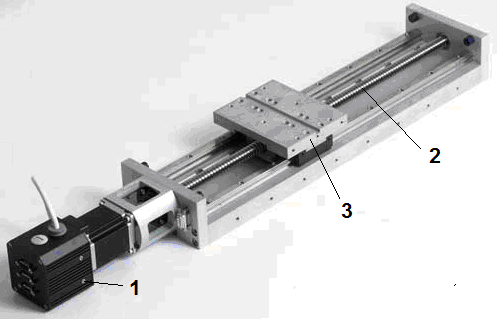


Рисунок 1.1 Лінійний одновимірний модуль

На рис. 1.2 можна бачити мехатронний лінійний модуль, що забезпечує рух уздовж трьох осей.

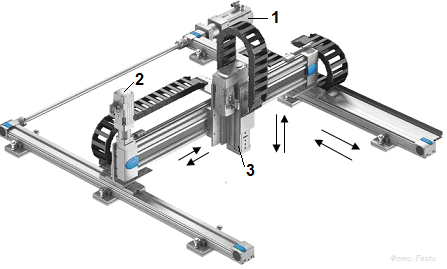


Рисунок 1.2. Лінійний модуль

Значного спрощення механічної частини можна домогтися шляхом використання лінійних двигунів замість звичайних двигунів обертального руху (рис. 1.3). Лінійний двигун не має обертальних частин. Його рухома частина (1 на рис. 1.3) має обмотку, яка створює магнітне поле. Це поле відштовхується від нерухомої частини (2 на рис. 1.3) з постійними магнітами, яка виконує роль напрямних, та забезпечує поступальне переміщення рухомої частини.

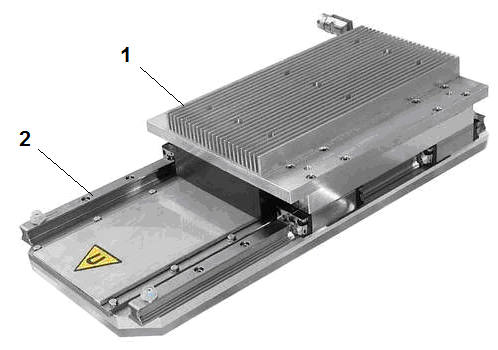


Рисунок 1.3. Мехатронний модуль із лінійним двигуном

Основні переваги використання інтелектуальних мехатронних модулів: здатність ІММ виконувати складні рухи самостійно, без звернення до контролера верхнього рівня керування, що підвищує автономність модулів, гнучкість та живучість мехатронних систем;

спрощення комунікації між модулями та центральним пристроєм керування (аж до переходу до бездротових комунікацій);

підвищення надійності та безпеки мехатронних систем завдяки комп’ютерному діагностуванню несправностей та автоматичному захисту в аварійних ситуаціях;

створення на основі ІММ розподілених систем автоматизації, для яких характерне делегування повноважень «зверху» до «низу», широке використання мережних технологій обміну інформацією;

використання інтелектуальних сенсорів в ІММ призводить до підвищення точності вимірювань завдяки первинній обробці інформації, фільтрації шумів тощо[5].

Для реалізації точних рухів мехатронний модуль комплектується давачем положення (енкодером, рис. 1.4). Електропривод, обладнаний таким давачем, називають сервоприводом.



Рисунок 1.4. Енкодери

До складу систем керування рухом, що поєднують кілька сервоприводів (ІММ), входять контролери керування рухом (сервоконтролери, рис. 1.5). До основних функцій сервоконтролерів належать координація рухів окремих сервоприводів (мехатронних модулів) та формування для них завдань на переміщення з метою реалізації складних просторових траєкторій руху.

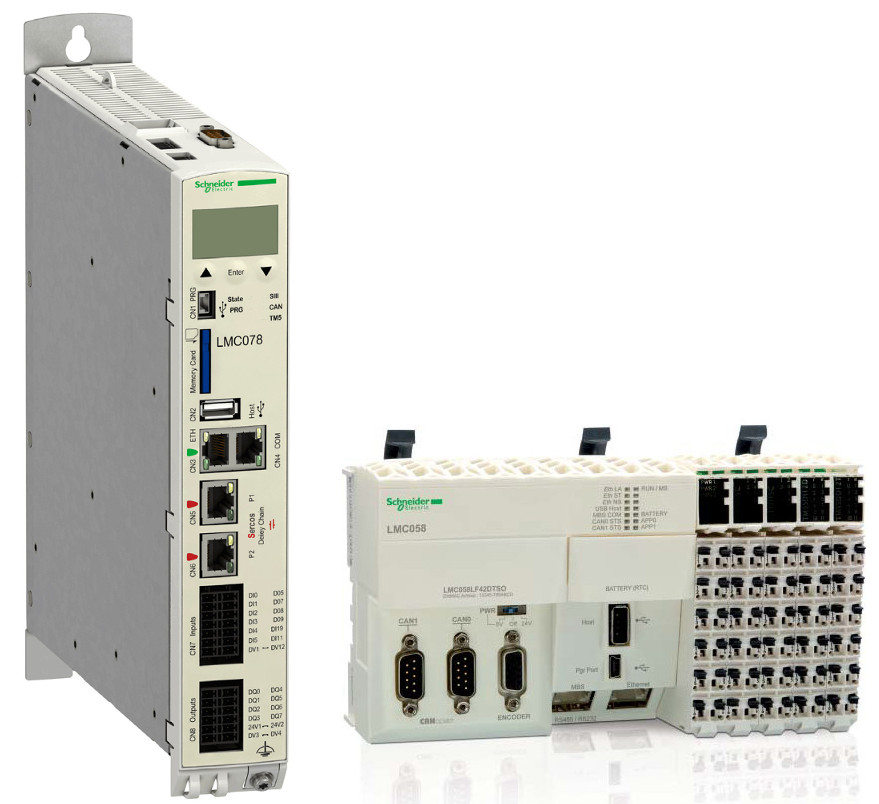


Рисунок 1.5. Сервоконтролери

Цифрові системи керування мехатронними системами залежно від ступеню складності та традицій певної галузі можуть бути реалізованими у вигляді:

* мікроконтролерів;
* сервоконтролерів;
* програмованих логічних контролерів (ПЛК);
* систем ЧПК (для роботів та верстатів);
* промислових комп’ютерів тощо.

Мехатронні системи, як і системи електроприводу, належать до електромеханічних систем. Проте до відмінностей мехатронних систем слід віднести:

* відносно малу потужність (оскільки поєднання в одному конструктивному модулі механічних, електричних та електронних підсистем за великої їх потужності реалізувати неможливо);
* виключно цифрову природу систем керування (в електропривод можливі і аналоговий принцип побудови);
* переважно більшу точність та швидкодію.

## Класифікація мехатронних комплексів та систем

Через велику різноманітність конструкцій мехатронних комплексів і сфер їх використання виділення будь-якої достатньою класифікації подібних систем представляється непростим завданням, оскільки так чи інакше системи різних класів будуть пов'язані кількома критеріями.

Наведемо приблизну класифікацію, що дозволяє скласти уявлення про існування сучасних мехатронних комплексів:

1. Мактромехатронні системи:

1.1. антиблокувальна система ABS;

1.2. система курсової стійкості ESP;

1.3. електрогідравлічна система гальмування EHB;

2. Маніпуляційні системи:

2.1. класичні маніпулятори;

2.2. багатоланкові маніпулятори;

2.3. маніпулятори на рухомій основі;

3. Системи маятникових конструкцій:

3.1. Маятник Фурута;

3.2. Ball-Bot;

3.3. Segway;

4. Мобільні мехатронні системи:

4.1. колісні;

4.2. гусеничні;

4.3. крокуючі.

В основі мехатронних досліджень лежить бажання синтезувати частину функцій людини за допомогою механізмів, сенсорів, приводів і комп'ютерів. Щоб здійснити цей грандіозний задум, необхідно реалізувати безліч ідей з декількох "класичних" областей[6].

В даний час мехатронних дослідженнями займаються самі різні фахівці. Одна людина не в змозі охопити всю область дослідження роботів, тому розумно її розділяти. На відносно високому рівні абстракції робототехніку можна поділити на чотири основні області: механічна маніпуляція, пересування, машинний зір і штучний інтелект[5].

Висока маніпулятивність сучасних мехатронних комплексів, їх пристосованість до зовнішнього середовища і відносна автономність вельми привабливі для цілого ряду областей застосування - автоматизованого виробництва, космічних і підводних досліджень, медицини, домашнього господарства і т.д [4].

Маніпуляційні комплекси знайшли широке застосування в медицині у вигляді медичного устаткування. Вони дозволяють автоматизувати медичні процеси і процедури, зменшити людські та фінансові витрати та поліпшити умови праці лікарського персоналу.

Медичне устаткування - сукупність технічних засобів, що використовуються в медицині з метою профілактики, діагностики, лікування захворювань, реабілітації, проведенні санітарно-гігієнічних і протиепідемічних заходів, а також робіт з приготування ліків в аптеках.

Розвиток медичної техніки нерозривно пов'язаний з науково-технічним прогресом, появою нових уявлень в медицині і охороні здоров'я, що в свою чергу сприяє появі нових зразків, сприяє розвитку прогресивних форм профілактики, діагностики та лікування захворювань, нових методів і прийомів надання медичної допомоги.

Розвиток напрямків, що дозволяють отримати об'єктивні дані для діагностики, пов'язані з використанням і поліпшенням існуючих зразків приладів і апаратів для інтроскопії (рентгенографія, ендоскопія, ультразвукові діагностичні прилади), приладів для лабораторної діагностики (автоаналізатори, мікроскопи), терапевтичних апаратів-електростимуляторів, ультразвукової та механотерапевтичної техніки, техніки гемосорбції і гемоперфузія (штучна нирка), засобів механізації та автоматизації трудомістких процесів в медичні е (медичне обладнання)[7].

До основних переваг мехатронних пристроїв в порівнянні традиційними засобами автоматизації медичних операцій слід віднести:

- відносно низьку вартість завдяки високому ступеню інтеграції, уніфікації та стандартизації всіх елементів і інтерфейсів;

- висока якість реалізації складних і точних рухів внаслідок застосування методів інтелектуального управління;

- високу надійність, довговічність і перешкодозахищеність;

- конструктивну компактність модулів (аж до мініатюризації і мікромашин),

- поліпшені масогабаритні і динамічні характеристики машин внаслідок спрощення кінематичних ланцюгів;

- можливість комплексування функціональних модулів в складні мехатронні системи і комплекси під конкретні завдання замовника.

До медичної техніки відносяться:

· медичні роботи;

· системи реабілітації пацієнтів;

· системи для мануальної терапії та масажу;

· наркозно-дихальна апаратура;

· реанімаційне і анестезіологічне обладнання;

· діагностичне обладнання;

· хірургічне обладнання.

Основу медичних засобів складають:

· інструменти загальнохірургічного і спеціального призначення:

· акушерсько-гінекологічний інструментарій,

· радіологічний інструментарій,

· стоматологічний інструментарій,

· хірургічний інструментарій;

Прилади та апарати:

· Зшиваючі апарати;

· рентгенівські і радіологічні апарати застосовуються в променевій терапії (рентгенофлуоресцентний аналіз) ;

· ендоскопи та ендоскопічна ретроградна панкреатохолангіографія;

· ультразвукова техніка для візуалізації внутрішніх структур організму;

· тепловізіонна апаратура;

· засоби функціональної діагностики;

· прилади для зняття електричних сигналів серця (електрокардіографія), мозку (електроенцефалографія), скелетних м'язів (електроміографія), гладких м'язів шлунка і кишечника (електрогастроентерографія);

· дослідження артеріального та венозного тиску (кров'яний тиск, сфігмоманометр), кровонаповнення, дихання (спірометрія);

· засоби для лабораторного дослідження крові та інших біологічних рідин;

· УВЧ-апарати;

· апаратура для світлолікування, водолікування (ванни);

· апаратура для електроакупунктури (рефлексотерапія);

· техніка для механотерапії, баротерапії, оксігенобаротерапіі і ін.

Сьогодні ведуться розробки пересувних комплексів медичної техніки для лікарів різних спеціальностей (офтальмолога, терапевта, стоматолога, флюорографічного кабінету в кузові) і т. д.

Розробляються і впроваджуються так звані «електронні радники лікаря»; завдяки розвитку обчислювальної техніки з'явилися різні системи підтримки життя при тимчасовій втраті організмом окремих функцій (штучна легеня, штучне серце, штучна нирка)[8].

Устаткування підтримки життя призначене для підтримки роботи тіла пацієнта. Воно включає в себе медичні вентилятори (апарат ШВЛ), серцево-легеневі апарати і апарати для діалізу.

Терапевтичне обладнання включає в себе інфузійні насоси (найвідоміші), апарати ультразвукової терапії.

Медичні монітори дозволяють медичному персоналу відстежувати стан пацієнта, включаючи ЕКГ, ЕЕГ, тиск крові і розчинення газів в крові.

Діагностичне обладнання, включаючи медичні обладнання для отримання зображень. Наприклад, апарати для УЗД, ядерного магнітного резонансу, комп'ютерні томографи, емісійні томографи і рентгенівські апарати.

Хірургічне обладнання включає в себе: операційний стіл, операційний світильник, підвісні стельові консолі, медичний аспіратор. Ендохірургічні лапароскопічні відеокомплекси і обладнання, призначене для діагностики, лікування порожнинних, внутрішньо-артеріальних і ін. областей організму[9].

Медичне лабораторне обладнання автоматизує аналізи крові, сечі, калу і генів.

Устаткування для транспортування пацієнта включається в себе: медичну каталку, перекладчик пацієнтів, транспортні інкубатори для новонароджених.

Устаткування для виклику медичного персоналу (палатна сигналізація / система виклику персоналу) здійснює передачу викликів з лікарняних палат на чергові пости медичного персоналу з текстовою, оптичної та акустичної ідентифікацією точок виклику і типів викличних сигналів[10].

Для функціональної діагностики використовують обладнання, робота якого заснована на принципах доплерографії, рентгенографії, кардіографії, електрофізіологічних методах (ЕЕГ, ЕКГ, електрогастрографія, ацідогастрометрів і таке інше) та інше.

Велика кількість медобладнання виробляється зарубіжними компаніями, як, наприклад: Dräger Medical, Schiller AG, Acutronic Medical Systems AG, General Electric, Philips, Siemens AG, MAQUET, Trumph, Shmitz, Lismore Instruments Ltd., Atom Medical Corporation, Medtronic та інші.

## Аналіз існуючих систем управління мехатронними модулями

В даний час найбільш поширені системи управління маніпуляційними роботами виробляються фірмами ABB, KUKA, Yaskawa Motoman, Fanuc. У своїх розробках, для вирішення зазначених завдань, вони використовують закриті пропрієтарні рішення. Тобто користувач отримує систему, що включає в себе маніпуляційний робот і СУ МР одного виробника. Такий підхід дозволяє виробнику гарантувати працездатність кінцевого рішення, але обмежує можливості з боку користувача.

Варто підкреслити, що кожен виробник використовує свої підходи до реалізації зазначених компонентів. Розглянемо особливості побудови систем управління маніпуляційними роботами на прикладі СУ МР ABBі KUKA[11].

Сучасні СУ МР фірми ABB застосовують принципи модульного побудови, при якому до одного центрального контролера через інтерфейс Ethernet може бути підключений ряд контролерів, призначених для управління окремими маніпуляторами. Таке рішення дозволяє організувати централізоване управління групою маніпуляторів. З такою ж метою може бути використаний переносний пульт.

Роботи ABB використовують серводвигуни змінного струму, потужність яких варіюється в діапазоні 1 кВт - 4.5 кВт для ряду вантажопідйомності 2 - 150 кг. При цьому забезпечується точність позиціонування 0,06-0,1 мм[12].

Програмування роботів здійснюється за допомогою мови RAPID. З його допомогою з'являється можливість розробляти алгоритми управління з можливістю синхронізації декількох паралельно виконуються завдань, а також використовувати стандартні цикли.

Роботи KUKA виконуються на базі промислового комп'ютера, що використовує OC Windows XP з розширеннями реального часу VxWorks[11]. Для управління маніпулятором застосовуються плати вводу-виводу, спеціалізовані плати розширення, що включають плату управління осями.

Управління маніпуляційним роботом здійснюється за допомогою переносного терміналу. Для здійснення обміну даними використовуються протоколи ModBus, Ethernet.

Маніпулятори оснащуються серводвигунами змінного струму, а в якості датчика положення використовується абсолютний енкодер. Технічні характеристика варіюються в залежності від вантажопідйомності. Похибка позиціонування, що забезпечується маніпулятором, варіюється в межах 0,05 - 0,15 мм.

Для вирішення технологічних задач, користувач може розробляти програми з використанням мови KRL, що дозволяє в структурованому вигляді описати необхідний алгоритм. Є доступ до операцій формування траєкторії (що включає позиційне, лінійне, круговий переміщення із завданням необхідної орієнтації робочого органу). При цьому роботи фірми KUKA підтримують механізм визначення кінематичних і динамічних параметрів маніпулятора через набір системних змінних.

Найбільш поширеною вітчизняною розробкою є СУ МР "Сфера-36", призначена для управління маніпуляторами Puma-560[13]. Вона має можливості простого введення текстових програм і записи послідовності переміщень в режимі навчання. Недоліком такої СУ є необхідність використання аналогових сигналів для управління і організації зворотного зв'язку з маніпулятором, що знижує якість управління, так як лінії управління можуть бути схильні до перешкод. Більш того, дана розробка застаріла і не відповідає сучасним вимогам.

Слід зазначити, що більшість вітчизняних закладів використовують систему управління маніпуляційними роботами зарубіжного виробництва, а власні розробки, не відповідають сучасним технологічним вимогам. Таким чином, виникає проблема, пов'язана з необхідністю розробки сучасної вітчизняної СУ медичною мехатронною системою, орієнтованої на розширення можливості експлуатації вітчизняних маніпуляційних роботів[15].

Слід зазначити, що обчислення, які виконуються СУ, є досить складними, оскільки вимагають проведення матричних операцій високого порядку, рішення задач кінематики та динаміки. Сучасні маніпулятори володіють не менш ніж шістьма керованими осями, тому для забезпечення якості управління СУ мехатронного модуля потрібно враховувати різні зовнішні і внутрішні чинники (зміна просторової конфігурації маніпулятора, маси і конфігурації навісного обладнання або деталі)[14].

Для виконання керуючої програми СУ мехатронним модулем повинна надавати функціональні можливості по створенню, виконанню та зберіганню керуючої програми. Для цього необхідні засоби для введення інформації в СУ, обміну з користувачем. Інтерфейс повинен дозволяти оператору спостерігати за роботою СУ мехатронного модуля, виконувати необхідні операції для підтримки її в робочому стані (зупинка / запуск програми, спостереження за режимами і параметрами робототехнічного комплексу). Робота робототехнічного комплексу може здійснюватися в трьох основних режимах: ручному - маніпулятор управляється користувачем; автоматичному - виконується програма; навчання - проводиться запис керуючої програми[16].

Клінічні мехатронні системи призначені для вирішення трьох головних завдань: діагностики захворювань, терапевтичного та хірургічного лікування.

Ряд існуючих діагностичних систем із зображенням на екрані досліджуваної області (наприклад, томографічний прилад, керований від ЕОМ), вже використовує елементи мехатроніки і робототехніки. Передбачається, що масова поява медичних приладів різного призначення, якими керують ЕОМ, матиме сильний вплив на лікарську практику.

В Японії запатентований мікроманіпулятор, призначений для проведення медичних і біологічних досліджень на клітинному рівні, що дозволяє вимірювати електричний опір клітини, робити мікроін'єкції в клітину медичних препаратів і ферментів, змінювати конструкцію клітини і витягувати її вміст[17].

Інший областю застосування роботів є радіотерапія, де вони використовуються з метою зниження рівня радіаційної небезпеки для медичного персоналу. Використання роботів вважається найбільш доцільним при проведенні заміни декількох дорогих стаціонарних радіоактивних джерел у багатопроменевих установках. Розробка маніпуляторів для радіотерапевтичних відділень знаходиться в експериментальній фазі. На цій же фазі знаходяться роботи по створенню робота – масажера.

Існує ряд складних хірургічних операцій, виконання яких стримується відсутністю досвідчених хірургів, оскільки такі операції вимагають високої точності виконання. Наприклад, в мікрохірургії ока існує така операція, як радіальні розрізи рогової оболонки (radial keratotomy), за допомогою якої можна коригувати фокусну відстань ока при усунення 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 рогівці і забезпечувати потрібну кривизну ока. Іншим прикладом виконання хірургічних операцій високої точності є мікронейрохірургія[18].

В наші дні телеробототехнічі системи надзвичайно затребувані в медицині. Наприклад, створений ряд пристроїв для точної хірургії (мікро- або оптичної), а також для малоінвазивної хірургії, головною перевагою якої є мінімальна площа проникнення всередину тіла для проведення операцій на внутрішніх органах. Одне з головних переваг телеробота перед людиною-хірургом полягає в тому, що використання двох маніпуляторів, не пов'язаних між собою механічно, дозволяє, наприклад, усунути вібрацію людської руки, яка управляє майстер-роботом. Також, під час багатогодинних операцій хірург знаходиться в зручному кріслі і стежить за ходом операції по відеокамер на спеціальному терміналі перед ним, а не стоїть над хірургічним столом, що вимагає значно більших фізичних витрат[17].

Створений в США медичний робот з маніпулятором «PUMA» надає можливість брати шматочки тканини головного мозку для проведення біопсії. За допомогою спеціального скануючого пристрою з тривимірною системою відображення інформації визначалися місце і швидкість введення двох міліметрового свердла для забору зразків мозкової тканини.

Французькі науковці розробляють медичну мехатронну систему - асистент для надання допомоги при проведенні хірургічних операцій на хребті, де помилка хірурга може привести до повної паралізації пацієнта. В Японії створений мехатронний модуль надає можливість трансплантації рогівки ока, взятої у мертвого донора, завдяки своїй високій точності рухів.

До головних переваг медичних мехатронних систем є їхня здатність відтворювати необхідну послідовність складних рухів з великою точністю і плавністю. Вчені з Великобританії розробили медичний мехатронний модуль - тренажер для навчання лікарів та моделювання процесів урологічних хірургічних операцій, в ході яких проводиться серія надрізів складної форми в різних напрямках, де дуже важлива послідовність виконання, яку важку запам’ятати хірургі одразу[18].

Дослідницька група з США запатентувала мехатронну систему для допомоги хірургу при виконанні складних ортопедичних операцій на кістках, при яких дуже важливим є точне розміщення робочого інструменту відносно колінного суглоба. Мехатронна система складається з супервізора, робота, нерухомого пристрою, операційного столу, і робочого хірургічного інструмента. В операційному полі, пацієнт повинен так бути розміщений, щоб нерухомо закріпити опероване стегно всередині пристрою, а інше стегно - прикріплено до операційного столу спеціальним кріпленням.

Підставка робота надійно фіксується в операційному полі. Робочий хірургічний інструмент монтується на роботі, робочий маніпулятор якого може змінювати своє положення маючи 6 ступенів рухливості, він містить сенсорно-позиційний прилад для вироблення сигналів, які показують місце знаходження робочого маніпулятора відносно системи координат. Також під час операцій, разом з мехатронним моделум застосовується маніпулятор PUMA 200, який завдяки простоті виконання і високій адптованості, легко пристосовується до хірургічних операцій. Команди управління передаються роботу сигналами позиціонування[19].

Для управління моторикою робота існує декілька способів. Штатна комплектація робота передбачає також додаткове оснащення пристроєм з навчальною програмою, він фактично надає можливість напівавтоматичого керуванням моторикою і рухами робота. Моторика робота складається з послідовності окремих ступнів – переміщень. Контролер зберігає цю послідовність так, щоб робот міг потім відтворити ці рухи без допоміжних дій оператора. Для управління роботом можуть застосовуватися різні типи управління. Мехатронний модуль має здатність здійснювати операції пасивним чином, для цих цілей в маніпуляторі з заводу передбачено ручне управління робочою частиною.

У роботі з супервізором всі команди проходять через контролер. Контролер, аналогічно до супервізор, забезпечуються командами і програмами, що написанні на мові програмування VAL - 11. Перед дисплеєм монтується спеціальний екран «Touch window», що застосовується в якості апарату для введення команд в процесі операції. Всі хірургічні дії на кістці транслюються на екрані монітора. В операційному блоці TSW екран покривається спеціальним стерильним матеріалом, що дозволяє хірургові управляти хірургічним операційним процесом безпосередньо знаходячись в операційній без загрози виникнення і накопичення шкідливих бактерій. Програми операцій базуються на геометричних співвідношеннях між параметрами протеза, параметрами розрізів кісток і свердління необхідних отворів, мехатронний модуль переміщає інструмент по заданим координатам у відповідних координатних площинах. Початком системи координат є деяка фіксована точка на опорній поверхні.

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[19].

До числа найбільш актуальних завдань належить діагностика і хірургія судинних захворювань. В Японії, Італії, Росії ведуться роботи зі створення мобільних мікророботів, призначених для руйнування атеросклеротичних відкладень в кровоносних судинах. Передбачається, що мобільні мікророботи працюватимуть в автоматичному режимі, переміщаючись по анатомічній руслу кровоносної системи.

В даний час ведуться роботи по створенню роботизованої системи, що дозволяє вирішувати ці завдання. Система включає артеріальний носій - мікроробот, здатний переміщатися по кровоносному руслу і оснащеному ультразвуковим мікродатчиком, а також необхідним робочим інструментом. Функціональна схема цієї системи приведена на рис.1.6 Хірург - оператор, отримуючи інформацію про стан судини, має можливість за допомогою мікроробота здійснювати процедури як медикаментозного, так і хірургічного характеру.

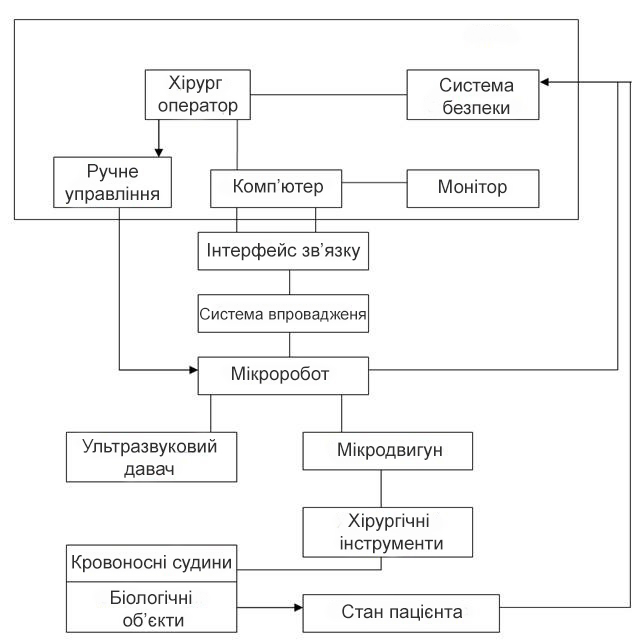


Рисунок 1.6. Функціональна схема робототехнічної системи для внутрішньосудинної діагностики та хірургії

У Канаді проводяться експериментальні дослідження телеоператора - робота для лапароскопічних операцій. Нова медична технологія заснована на застосуванні мініатюрної камери і спеціальних інструментів, що вводяться через черевну стінку. Відео зображення передається на монітор, і асистент координує рухи і оперує групи в заданому напрямку. Положення мініатюрної відеокамери в черевній порожнині координується за допомогою маніпулятора, керованого хірургом[20].

У США в 2006 році були успішно проведені випробування хірургічної робототехнічної системи, головним призначенням якої є проведення операцій безпосередньо на полі бою над солдатами, які потребують негайного хірургічного втручання. Слейв-робот перевозиться транспортом і знаходиться на відстані від декількох сотень метрів до кількох кілометрів від місця ведення бойових дій в недосяжності ворога. Солдат, який отримав поранення, доставляється до робота, а операцію проводить лікар-хірург, який перебуває в операційній на відстані до декількох кілометрів від самого слейва. Сигнали зображення від слейва до хірурга і керуючі сигнали від хірурга до слейву передаються за допомогою безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Як говорилося вище, дана телеробототехнічна система відмінно показала себе в ході польових випробувань.

Робот-хірург «da Vinci» - апарат для проведення хірургічних операцій (рис. 7).

Виробляється серійно компанією Intuitive Surgical. Встановлено в декількох сотнях клінік по всьому світу. Складається з двох блоків, один призначений для оператора, а другий - чотирирукий автомат - виконує роль хірурга. Маса апарату - півтонни. Лікар сідає за зручний пульт, який дає можливість бачити оперований ділянку в 3D з багаторазовим збільшенням і використовує спеціальні джойстики, щоб управляти інструментами.



Рисунок 1.7. Хірургічний телеробот da Vinci

Виконувані операції із застосуванням робота da Vinci:

* Відновлення мітрального клапана;
* Реваскуляризація міокарда;
* Абляція тканин серця;
* Встановлення епікардіального симулятора серця для бівентрікулярной ресинхронізації;
* Шлункове шунтування;
* Фундоплікація по Nissen;
* Гістеректомія і міомектомія;
* Операції на хребті, заміна дисків;
* Тімектомія - операція з видалення вилочкової залози;
* Лобектомія легені;
* Езофагоектомія;
* Резекція пухлини середостіння;
* Радикальна простатектомія;
* Піелопластика;
* Видалення сечового міхура;
* Радикальна нефректомія і резекція нирки;
* Реімплантація сечоводу.

У роботизованої хірургії є істотний недолік, який виражається у відсутності зворотного зв'язку - хірург просто не відчуває, яке зусилля інструмент прикладає до тканин оперованого. Усунути цю проблему покликана нова система Sofie (Surgeon's Operating Force-feedback Interface Eindhoven), розроблена Ліндою ван ден Бедем (Linda van den Bedem) з Університету технологій Ейндховена (Eindhoven University of Technology, TU / e).

Sofie управляється за допомогою джойстиків на контрольній панелі, необхідне зусилля впливу на маніпулятори регулюється в залежності від прикладеного інструментами тиску. Така система може бути особливо корисна для завдань на зразок накладання швів, оскільки хірург зможе точно визначити, наскільки сильно маніпулятор тягне нитку (рис. 8.)[20].



Рисунок 1.8. Інноваційний робот-хірург Sofie

Розробка голландського науковця набагато компактніше більшості інших хірургічних роботів - Sofie закріплюється на операційному столі, а не на підлозі. Це означає, що при переміщеннях або нахилах столу не потрібно заново регулювати «хірурга».

Відзначимо, що клінічні робототехнічні системи є ергатичними тобто функціонують за участю оператора. Високий рівень технологій дозволяє істотно розширити можливості оперативного втручання. Прикладом може служити дистанційно керована маніпуляційна система для проведення операцій на серці. В останньому випадку хірург отримує можливість проводити операції з дозволом, в 2-3 рази меншим, ніж дозволяє його рука при безпосередній роботі з інструментом. Слід підкреслити, що подібного роду операції можливі тільки при досить високому рівні інформаційних технологій, використанні активного інтерфейсу і експертних систем, що забезпечують діалог хірурга з робототехнічною системою протягом всієї операції, контролюючих його дії і запобігають появі помилок. Поряд з безпосереднім управлінням рухом міні - маніпуляторами і мікророботами за допомогою органів ручного управління хірург має можливість використовувати мовні команди для управління як робочим інструментом, так і засобами інформаційного забезпечення. Таким чином, використання клінічних робототехнічних систем дозволяє не тільки відмовитися в ряді випадків від традиційних медичних технологій, а й істотно полегшити умови праці хірурга і лікаря - діагноста.

З вищевикладеного випливає, що медична мехатроніка знаходиться в стані швидкого підйому, темпи якого значно вище, ніж в традиційних областях мехатроніки. Разом з тим необхідно згадати і про чинники, що стримують застосування мехатронних пристроїв в медичній практиці, які справедливі не тільки для України, але і для всіх розвинених країн. Найважливішим серед них є психологічний фактор, пов'язаний з дегуманізацією медичного обслуговування і виявляється не тільки з боку пацієнтів, але і з боку медичного персоналу. Цей фактор викликає відторгнення ідеї застосування мехатроніки для такої делікатної сфери, як організм людини. Його подолання вимагає відношення до мехатроніки, в першу чергу, як до засобу, інструменту медичної практики лікаря, хірурга. Необхідно звернути увагу на забезпечення надійності мехатронних систем і їх безпеку для пацієнта[21].

Іншим стримуючим фактором є роз'єднаність і неповне взаємне розуміння фахівців в області техніки і медицини. Ця обставина вимагає підготовки фахівців нового типу, що володіють не тільки інженерними знаннями, а й добре знайомими з особливостями медичних технологій. Необхідно звернути увагу на той факт, що в даний час ще не склалася в повній мірі біотехнічна методологія, яка передбачає системний підхід до проектування мехатронних медичних систем.

ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

В результаті проведеного аналізу проблеми та існуючих шляхів іх вирішення в роботі поставлені наступні завдання:

1. Провести аналіз існуючих допоміжних засобів та інструментарію.
2. Провести аналіз можливостей застосування(використання) мехатронних модулів в якості допоміжного медичного інструментарію.
3. Визначити характеристики розроблюваної мехатронної системи
4. Вибір та обґрунтування модуля мехатроніки та систем керування
5. Розроблення структурної схеми та алгоритму керування мехатронним модулем.
6. Розробка програмного забезпечення.

## Висновки до розділу 1

1. Було проаналізовано основні поняття та визначення мехатронних комплексів та систем, що надалі дозволило побудувати кінематичну модель мехатронного модуля
2. Проаналізовано існуючі мехатронні системи та комплекси застосовні в медицині, ми дійшли висновку, що дані системи та комплекси знаходяться на етапах розробки і на даний момент мають суттєвий недоліки з приводу вартості і реалізації проектів
3. Виявлено, що на даний час не не склалась в повній мірі біотехнічна методологія, яка передбачала б системний підхід до проектування мехатронних медичних систем

# РОЗДІЛ 2. СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ МЕХАТРОННИМИ МОДУЛЯМИ

Даний розділ складається з п’яти підрозділів. В першому підрозділі будується кінематична модель манупулятора мехатронного модуля. У другому підрозділі представлену адаптивну систему керування. У третьому підрозділі представлено систему керування мехатронним модулем на основі штучного інтелекту. У четвертому підрозділі сформовано характеристики системи керування мехатронним модулем жорсткою програмою. У п’ятому підрозділі розроблено програмний алгоритм пристрою керування.

## 2.1. Кінематична модель пристрою керування мехатронним модулем

Медичний мехатронний модуль за своїм функціональним призначенням повинен забезпечувати рух вихідної ланки і, закріпленого в ньому, об'єкта маніпулювання в просторі по заданій траєкторії і з заданою орієнтацією. Для повного виконання цієї вимоги основний механізм важеля маніпулятора повинен мати не менше шести рухомих частин, причому рух по кожній з них має бути керованим.

Структура кінематичного ланцюга маніпулятора повинна забезпечувати необхідне переміщення об'єкта в просторі із заданою орієнтацією. Для цього необхідно, щоб хват маніпулятора мав можливість виконувати рухи мінімум по шести координатами: трьом лінійним і трьом кутовим. Розглянемо на об'єкті маніпулювання точку М, яка збігається з центром хвата. Положення об'єкта в нерухомій (базової) системі координат 0x0y0z0 визначається радіусом-вектором точки М і орієнтацією одиничного вектора з початком в цій точці. Математично положення точки в просторі задається в одній з трьох систем координат:

* прямокутної декартової з координатами xM, yM, zM;
* сферичної з координатами rM, θM, Ψ M;
* циліндричної з координатами rsM, θM, zM[24].

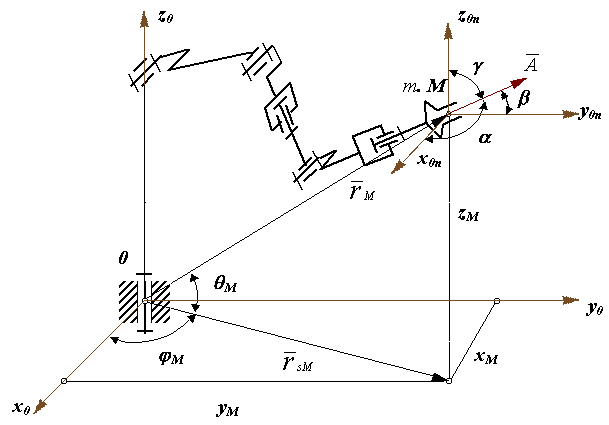
Орієнтація об'єкта в просторі задається кутами α, β і γ які вектор орієнтації утворює з осями базової системи координат. На рис. 2.1 дана схема шести рухомого маніпулятора з обертальними кінематичними парами з координатами об'єкта маніпулювання. 

Рисунок 2.1. Кінематична схема шести рухомого маніпулятора

Формула будови - математичний запис структурної схеми маніпулятора, що містить інформацію про кількість його рухомостей, вигляд кінематичних пар і їх орієнтації щодо осей базової системи координат (системи, пов'язаної з нерухомим ланкою).

Рухи, які забезпечуються маніпулятором діляться на:

• глобальні (для роботів з рухомою основою) - руху стійки маніпулятора, які істотно перевищують розміри механізму;

• регіональні (транспортні) - руху, що забезпечуються першими трьома ланками маніпулятора або його "рукою", величина яких порівнянна з розмірами механізму;

• локальні (орієнтують) - руху, що забезпечуються ланками маніпулятора, які утворюють його "кисть", величина яких значно менше розмірів механізму.

Відповідно до цієї класифікації рухів, в маніпуляторі можна виділити дві ділянки кінематичного ланцюга з різними функціями: механізм руки і механізм кисті. Під "рукою" розуміють ту частину маніпулятора, яка забезпечує переміщення центру хвата - точки М (регіональні руху хвата); під "пензлем" - ті ланки і пари, які забезпечують орієнтацію хвата (локальні руху хвата)[25].

Робочий простір маніпулятора - частина простору, обмежена поверхнями огинають до безлічі можливих положень його ланок.

Зона обслуговування маніпулятора - частина простору відповідна безлічі можливих положень центру хвата маніпулятора. Зона обслуговування є важливою характеристикою маніпулятора. Вона визначається структурою і системою координат руки маніпулятора, а також конструктивними обмеженнями накладеними відносно переміщення ланок в КП.

 Рухливість маніпулятора W - число незалежних узагальнених координат однозначно визначає положення хвата в просторі.



або для незамкнутих кінематичних ланцюгів:



Маневреність маніпулятора М – рухомість маніпулятора при фіксованому (нерухомому) хваті.



Можливість зміни орієнтації схвата при розміщенні його центру в заданій точці зони обслуговування характеризується кутом сервісу θ - який є тілесним кутом (θ = f (α, β, γ)), який може описати остання ланка маніпулятора (ланка на якому закріплений схват) при фіксації центру схвата в заданій точці зони обслуговування.



де: fC – площа сферичної поверхні, описуюча точкою С ланки 3, lCM- довжина ланки 3 [25].

Мехатронний модуль з шістьма рухомими частинами є складною автоматичною системою. Ця система складна як у виготовленні, так і в експлуатації. Тому в реальних конструкціях медичних мехатронних модулів часто використовуються механізми з числом рухомостей менше шести. Найбільш прості маніпулятори мають три, рідше дві, рухливості. Такі маніпулятори значно дешевше у виготовленні і експлуатації, але висувають специфічні вимоги до організації робочого середовища. Ці вимоги пов'язані із заданою орієнтацією об'єктів маніпулювання щодо механізму робота. Тому обладнання повинно розташовуватися щодо такого робота з необхідною орієнтацією.

Розглянемо структурну і функціональну схеми медичного робота з трьох рухомими частинами маніпулятора. Основний механізм руки маніпулятора складається з нерухомого ланки 0 і трьох рухомих ланок 1, 2 і 3 (Рис. 2.2).

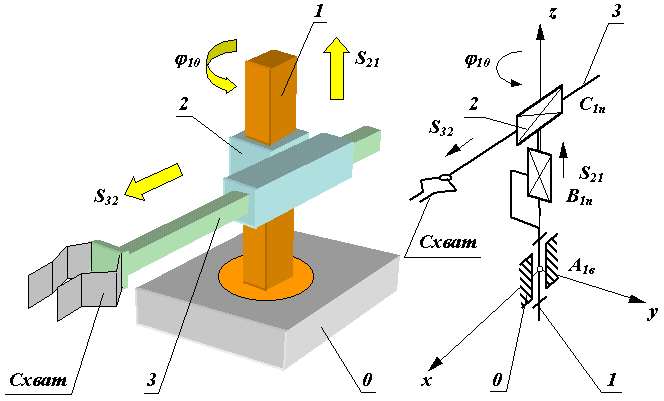


Рисунок 2.2. Структурна схема мехатронного модуля

Механізм цього маніпулятора відповідає циліндричній системі координат. У цій системі ланка 1 може обертатися щодо ланки 0 (відносне кутове переміщення φ10), ланка 2 переміщається по вертикалі щодо ланки 1 (відносне лінійне переміщення S21) і ланка 3 переміщається в горизонтальній площині щодо ланки 2 (відносне лінійне переміщення S32). На кінці ланки 3 укріплено захватний пристрій або хват, призначений для захоплення і утримання об'єкта маніпулювання при роботі маніпулятора. Ланки основного важеля механізму маніпулятора утворюють між собою три одно рухомих кінематичних пар (одну обертальну А і дві поступальні В і С) і можуть забезпечити переміщення об'єкта в просторі без управління його орієнтацією. Для виконання кожного з трьох відносних рухів маніпулятор повинен бути оснащений приводами, які складаються двигунів з редуктором і системи датчиків зворотного зв'язку. Так як рух об'єкта здійснюється за заданим законом руху, то в системі повинні бути пристрої, що зберігають і задають програму руху, так звані програмні носії[26].

Перетворення заданої програми руху в сигнали управління двигунами здійснюється системою управління. Ця система включає ЕОМ, з відповідним програмним забезпеченням, цифро-аналогові перетворювачі і підсилювачі. Система управління, відповідно до заданої програми, формує і видає на виконавчі пристрої приводів (двигуни), що управляють ui. При необхідності вона коригує ці дії за сигналами Δxi, які надходять в неї з датчиків зворотного зв'язку. Структурна схема мехатронного модуля наведена на рис. 2.3.

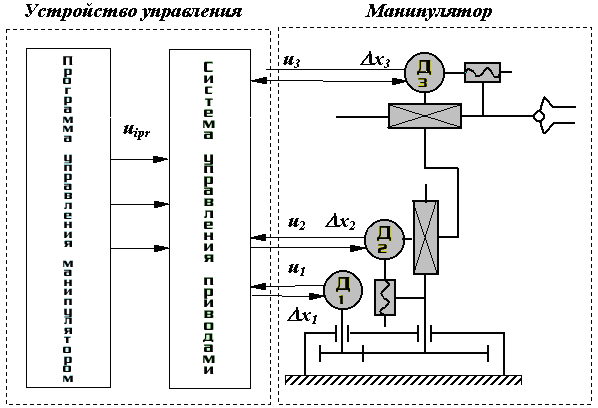


Рисунок 2.3. Функціональна схема мехатронного модуля

## 2.2. Адаптивна система керування

Адаптацією називається процес, що має наступні характеристики: вихідні параметри об'єкта регулювання і характеристики факторів, що збуджують знаходяться під постійним контролем і управлінням за допомогою пристроїв, додатково включаються до складу керуючої системи[27].

Спостережена поведінка об'єкта описується деяким показником якості, які оцінюватимуть в кількісній формі характер протікання процесу управління.

Відхилення показника якості за межі допуску тягне за собою автоматичне налаштування параметрів регулятора або заміну алгоритму управління, результатом яких є досягнення бажаного показника якості або реалізації поставленої мети.

Адаптація системи керування має три рівні. Перший рівень характеризується здатністю самонастроювання параметрів регулятора на основі інформації про стан об'єкта, що знаходиться під збуджуючою дією зовнішнього середовища. Оцінка стану об'єкта може здійснюватися або прямим вимірюванням необхідних параметрів, або шляхом їх ідентифікації. В останньому випадку на об'єкт подаються певні пробні управляючі дії, фіксується його реакція і на підставі аналізу поведінки об'єкта дається оцінка апріорно невідомим або зміненим його параметрам.

Для другого рівня характерне включення до складу керуючого пристрою додаткових інформаційних засобів, що забезпечують збір та обробку даних про стан зовнішнього середовища. На підставі аналізу змін зовнішнього середовища здійснюється корекція керуючої програми робота, що дозволяє в нових умовах досягти поставленої мети. Хоча на цьому рівні адаптації корекція програмних дій допускається лише в невеликих межах, ефект від застосування таких адаптивних систем управління на практиці значний.

Поняття мети управління для адаптивних систем третього рівня випливає з вимоги реалізації максимальної продуктивності при забезпеченні відсутності браку. Характерні для цього рівня адаптації розвинені засоби для збору інформації про зовнішнє середовище, самодіагностування, а, можливо, і самостійного ремонту компонентів керованої системи.

Основна властивість адаптивних систем - реалізація мети управління в умовах недетермінованого зовнішнього середовища і дрейфу параметрів робота - відбивається в структурі двома новими елементами: інформаційною системою, а також пристроєм для обчислення координат цільових точок і послідовності їх обходу, що використовують інформацію про зміни, що відбулися у зовнішньому середовищі і компонентах робота.

Функції управління адаптивним роботом виконує обчислювальний пристрій, рівень складності якого визначається рівнем адаптації робота. У найпростішому випадку це може бути мікропроцесор або мікроЕОМ, для складних адаптивних мехатронних систем обчислювальний пристрій може являти собою мультимікропроцесорну мережу[28].

Для сучасних адаптивних мехатронних систем характерне поєднання в обчислювальному пристрої функції адаптації до змін зовнішнього середовища і параметрів приводів робота з широким набором апаратурних і програмних засобів самодіагностики і усунення дрібних несправностей в самій системі управління.

## 2.3. Система керування на основі штучного інтелекту

Важливою проблемою побудови систем штучного інтелекту є проблема подання знань. Знання являють собою сукупність відомостей про світ, що включають в себе інформацію про властивості об'єктів, закономірності процесів і явищ, правила використання цієї інформації для прийняття рішень.

Істотною відмінністю знань від даних є їх інтерпретованість. Якщо для інтерпретації даних необхідні відповідні програми і самі по собі вони не несуть змістовної інформації, то знання завжди змістовні. Іншою відмінною рисою знань є наявність відносин, наприклад, виду "тип-підтип", "елемент-множина" і т.д. Знання характеризуються наявністю ситуативних зв'язків, що визначають ситуативну сумісність окремих подій і фактів, що дозволяють встановлювати причинно-наслідкові зв'язки[27].

Моделі представлення знань можна умовно розділити на декларативні і процедуральні. Декларативна модель ґрунтується на припущенні, що проблема подання якоїсь предметної області вирішується незалежно від того, як ці знання потім будуть використовуватися. Тому модель як би складається з двох частин: статичних описових структур знань і механізму виведення, що оперує цими структурами і практично незалежного від їх змістовного наповнення. При цьому в якійсь мірі виявляються роздільними синтаксичні та семантичні аспекти знання, що є певною гідністю зазначених форм представлення через можливість досягнення їх певної універсальності.

У декларативних моделях не містяться в явному вигляді опису виконуваних процедур. Ці моделі являють собою звичайно безліч тверджень. Предметна область представляється у вигляді синтаксичного опису її стану (по можливості повного). Висновок рішень ґрунтується в основному на процедурах пошуку в просторі станів.

У процедуральному поданні знання містяться в процедурах - невеликих програмах, які визначають, як виконувати специфічні дії (як чинити в специфічних ситуаціях). При цьому можна не описувати всі можливі стани середовища або об'єкта для реалізації виведення. Досить зберігати деякі початкові стану і процедури, які генерують необхідні опису ситуацій і дій[29].

Семантика безпосередньо закладена в опис елементів бази знань, за рахунок чого підвищується ефективність пошуку рішень. Статична база знань мала в порівнянні з процедуральной частиною. Вона містить так звані "затвердження", які прийнятні в даний момент, але можуть бути змінені або видалені в будь-який момент. Загальні знання та правила виведення представлені у вигляді спеціальних цілеспрямованих процедур, що активізуються в міру потреби.

Процедури можуть активізувати один одного, їх виконання може перериватися, а потім відновлюватися. Можливе використання процедур - "демонів", що активізуються при виконанні операцій введення, зміни або видалення даних.

Засобом підвищення ефективності генерації виведення в процедуральних моделях є додавання в систему знань про застосування, тобто знань про те, яким чином використовувати накопичені знання для вирішення конкретного завдання. Ці знання, як правило, теж представляються в процедуральній формі.

Продукційні моделі являють собою набір правил у вигляді "умова - дія", де умови є твердженнями про вміст БД (фактів), а дії є деякі процедури, які можуть модифікувати вміст БД. Інша важлива схема представлення знань - семантичні мережі, що представляють собою спрямований граф, в якому вершин ставляться у відповідність конкретні об'єкти, а дугам, їх зв'язує, - семантичні відносини між цими об'єктами. Семантичні мережі можуть використовуватися як для декларативних, так і для процедуральних знань[29].

Принциповим методом для логічного представлення знань є використання логіки предикатів першого порядку (числення предикатів). При такому підході знання про деяку предметну область можна розглядати як сукупність логічних формул. Зміни в моделі подання знань відбуваються в результаті додавання або видалення логічних формул.

У редукційних моделях здійснюється декомпозиція вихідної задачі на ряд підзадач, вирішуючи які послідовно визначають рішення поставленої задачі. Логічні уявлення легкі для розуміння і мають у своєму розпорядженні правилами виведення, необхідними для операцій над ними. Однак в логічних моделях уявлення знань відносини між елементами знань виражаються обмеженим набором засобів використовуваної формальної системи, що не дозволяє в повній мірі відобразити специфіку предметної області. Недоліком логічного подання є також тенденція споживати великі обсяги пам'яті ЕОМ.

Залежно від характеру виконуваних функцій і області дій структура різних СКШІ змінюється, але при цьому вся СКШІ виконує кілька характерних завдань, а саме: інтерпретація, планування, управління, проектування, диспетчеризація та моніторинг, прогнозування, діагностика. А головне - СКШІ здатна оновлювати свої знання, пояснювати обґрунтовувати рішення, прогнозувати розвиток ситуацій, активно взаємодіяти із зовнішнім середовищем і сприймати інформацію різного характеру, отримувати рішення на основі наявних знань, зберігати в пам'яті необхідну інформацію і фактографічні дані.

Основу - ядро ​​будь-якої СКШІ - складають база знань і закладений в систему механізм виведення рішень. Ці компоненти визначають дві основні інтелектуальні характеристики системи: здатність зберігати знання про щось і вміння оперувати цими знаннями. Більш розвиненим системам, заснованим на знаннях, властива, також здатність навчатися, тобто здобувати нові знання, розширювати БЗ, коригувати знання відповідно до умов, що змінюються і ситуацією в предметної області.

Механізм виведення реалізує загальну вбудовану схему пошуку рішень. Характер пошуку необхідних знань в БЗ, спосіб організації виведення рішень визначаються стратегією управління інтелектуальної системи. Стратегія управління являє собою засіб, що використовує міркування або здійснює висновки про знання, що містяться в БЗ. Стратегії управління забезпечують різноманітне управління в рамках прийнятої для даної системи схеми механізму виведення.

Спілкування людини і СКШІ можуть забезпечувати і реалізовувати різні програмні та технічні засоби введення і виведення інформації. Взаємодія користувача з комп'ютером можливо за допомогою мови, сенсорного екрану введення текстів на природній мові, зображень, роботи з графікою, поліекрана дисплеєм, маніпулятором типу "миша" .

Система обґрунтувань функціонально призначена для формування відповідей на питання користувача щодо поведінки інтелектуальної системи в процесі здобуття нею ув'язнення або рішення. Здатність пояснювати свої дії - одне з головних відмінних властивостей ІС. Вона підвищує довіру користувача до системи, до яку представляють нею рекомендаціями рішенням. Крім того, СО можливо використовувати в процесі модифікації і розвитку ІС, виявлення суперечливих знань, а також при навчанні менш підготовлених користувачів.

## 2.4. Система керування жорсткою програмою

Найбільшого поширення набули програмні системи, які характеризуються тим, що вони функціонують по жорстко заданій програмі. При необхідності програма дій легко перебудовується оператором.

Існує три види програмного управління: циклічне, позиційне і контурне.

Циклічне керування в реалізації є найбільш простим. При циклічному керуванні програмується послідовність виконання рухів і умови початку, і закінчення рухів. Положення, до якого йде рух, задається на самому маніпуляторі (наприклад, упорами), а не в програмі; швидкість переміщення визначається характеристиками приводу і також не задається в програмі. Проте на додаток до послідовності рухів програма може задавати необхідні витримки часу (на виконання команди або на проміжки часу між командами або рухами)[27].

При позиційному керуванні команди подаються так, що переміщення робочого органу походить від точки до точки, причому положення точок задаються програмою. Швидкість переміщення між точками не контролюється і не регулюється. На відміну від циклового керування, число точок може бути великим.

При контурному керуванні рух робочого органу відбувається по заданій траєкторії з задається швидкістю. У програмі задаються самі траєкторії (або часто розставленими точками, або більш рідкісними точками з з'єднують їх прямими, або дугами кіл) і режими руху. Контурне керування використовується виключно в технологічних процесах. Контурне керування йде від верстатів: при русі різця токарного верстата по контуру (внаслідок узгодженої подачі по двом і більше осями) виходить поверхню деталі заданої форми у вигляді тіла обертання. Зауважимо, що на холостих ходах (при виході у вихідну точку, з якої починається робітничий рух, при поверненні назад у вихідну точку після виконання робітничого руху) система управління працює як позиційна[28].

При програмуванні зазвичай використовуються два методи: аналітичний (розрахунковим шляхом) і метод навчання.

При аналітичному методі керуючу програму попередньо розраховують, налагоджують і заносять в пам'ять пристрою управління. Перевагою цього методу є скорочення часу простою технологічного процесу пов'язаного з його програмуванням, а також можливість закласти відразу кілька програм для різних технологічних операцій.

Програмування шляхом навчання проводиться оператором або за допомогою дистанційного керування від якого-небудь керуючого пристрою (кнопкового пульта або «маріонетки» - копії маніпулятора робота), або за допомогою безпосереднього переміщення кінця маніпулятора рукою людини. Всі рухи відповідають ходу потрібній маніпуляційній операції, при цьому в пам'ять пристрою керування записується програма з необхідними поточними координатами та технологічною інформацією.

Більшість сучасних пристроїв циклічного програмного керування являють собою програмовані контролери. Програма записується на певній машинній мові подібно до того, як це робиться при програмуванні для ЕОМ. Однак для циклічного керування мови вибираються дуже простими. Зазвичай програма будується по кадрам, причому кожен кадр відповідає етапу. Звичайною мовою зміст кадру записується в такий спосіб: номер кадру, перевірка наявності сигналів у вхідних ланцюгах із заданими номерами (сигналів датчиків), при наявності цих сигналів задається команда на виконання руху з необхідним номером. Програма може бути введена в пристрій керування з клавіатури пульта. У пристрої керування програма запам'ятовується в електронній (інтегральної) пам'яті. При ручному введенні програми з пульта зміст кадру у вигляді алфавітно-цифрового запису відтворюється на спеціальному індикаторі пристрої або дисплеї. Після того як вся програма введена, для контролю можна виводити на дисплей будь-який кадр по набраному номеру. Виявлені помилки легко виправити.

Спосіб програмування, при якому безпосередньо задається послідовність рухів в кадрах, не є єдиним. Коли за основу пристрою керування кладеться універсальна мікроЕОМ, її програмування здійснюється на універсальній мові, не пов'язаному з поданням про управління рухом[13].

Позиційне і контурне програмне керування. Для позиційного і контурного керування спільним є те, що для виконання рухів необхідно запам'ятовувати велику кількість точок для кожного ступеня рухливості. Немає ніякої можливості задавати ці точки на маніпуляторі, тому відмітною особливістю пристроїв управління в цих випадках є те, що програмується вся інформація про рухах, які необхідно здійснювати, а саме: послідовність рухів, умови виконання рухів і значення переміщень або кутів повороту. Для контурного керування програмується також швидкість переміщення. Як зазначалося раніше, програмування може бути аналітичним, а може здійснюватися методом навчання. Розглянемо спочатку аналітичне програмування[30].

В даний час, переважна більшість систем позиційного і контурного управління являють собою системи числового програмного керування (ЧПУ). Для мехатронних модулів характерні системи ЧПУ трьох типів:

* HNC (з ручним завданням програм з пульта управління; вони називаються також оперативними системами управління);
* DNC (що має пам'ять для зберігання всієї програми);
* CNC (автономна система, побудована на мікроЕОМ).

Принципи і технічні засоби ЧПУ були розроблені стосовно до верстатів; поширення їх на мехатронні модулі дозволяє уніфікувати пристрої керування для роботизованих технологічних комплексів.

У системах ЧПУ використовуються два типи приводів: розімкнуті і замкнуті. Кроковий електромеханічний привід управляється послідовністю імпульсів, які виробляє спеціальний комутатор. У замкнутих приводах сигнал заданий переміщенням або кутом повороту порівнюється з сигналом датчика переміщення або кута повороту на вихідній ланці, по результату порівняння двигун повертається так, щоб ці два сигнали стали рівними один одному. Таким чином, переміщення вихідної ланки слідує за вихідним електричним сигналом. Точність замкнутого приводу значною мірою залежить від точності датчика. У системах ЧПУ використовуються як спеціальні кодові (цифрові) датчики, що видають сигнал повороту в двійковому коді, і імпульсні, що видають число імпульсів, пропорційне куту повороту або переміщення, так і аналогові (потенціометри і обертові трансформатори).

## 2.5. Розробка програмного алгоритму керування мехатронним модулем

Розроблювана система повинна мати такі характеристики:

* Здійснювати керування, що забезпечить повне функціонування модуля
* Простота проектування та реалізації
* Програмна гнучкість
* Мати компактні масогабаритні показники
* Висока надійність
* Низька вартість

В першу чергу необхідно визначити вид системи управління. Розглянемо характеристики адаптивної системи:

* Забезпечують повну функціональність мехатронного модуля
* Складні в проектуванні та реалізації
* Легко перепрограмовуються
* Мають компактні масогабаритні показники
* Мають ~5000 год напрацювання на відмову
* Мають високу вартість системи(~70 000 €)

Системи штучного інтелекту мають наступні характеристики:

* Забезпечують повну функціональність мехатронного модуля
* Дуже складні в проектуванні та реалізації
* Легко перепрограмовуються
* Мають компактні масогабаритні показники
* Мають ~3500 год напрацювання на відмову
* Мають високу вартістю системи(~200 000 €)

Системи управління з жорсткою програмою мають наступні характеристики:

* Забезпечують повну функціональність мехатронного модуля
* Не складні в проектування та реалізації
* Легко перепрограмовуються
* Мають компактні масогабаритні показники
* Мають ~7000 год напрацювання на відмову
* Мають низьку вартість системи(15 000 €)

Адаптивні системи складні в проектуванні і реалізації тому вони не володіють всіма необхідними характеристиками. Системи штучного інтелекту дуже складні в проектуванні і реалізації, мають високу вартістю, тому так само не володіють всіма потрібними характеристиками. Всіма потрібними характеристиками володіють системи з жорсткою програмою, тому для проектування вибрано систему керування з жорсткою програмою[30].

Реалізація на аналогових елементах чи логічних схемах не відповідає технічним характеристикам виробу проектованої системи так як: складні в проектуванні реалізації, мають великі масогабаритні показники, не універсальні і відсутня програмна гнучкість.

Реалізація на програмованих логічних інтегральних схемах або на мікроконтролерах не відповідають технічним характеристикам виробу проектованої системи через високу вартість розроблюваної системи. Тому найбільш раціональним вирішенням цієї проблеми є розробка системи комп'ютерного керування мехатронного модуля.[31]

Рисунок 2.4. Структурна схема керування мехатронним модулем

Комп'ютер (порт введення/виведення) - керуючий елемент системи. Блок узгодження - погоджує електричні параметри блоку управління і робота. Блок управління – схема, що реалізує логічне сполучення блоку узгодження і комп'ютера.

Програмний алгоритм пристрою керування мехатронним модулем представлено на рис. 2.5

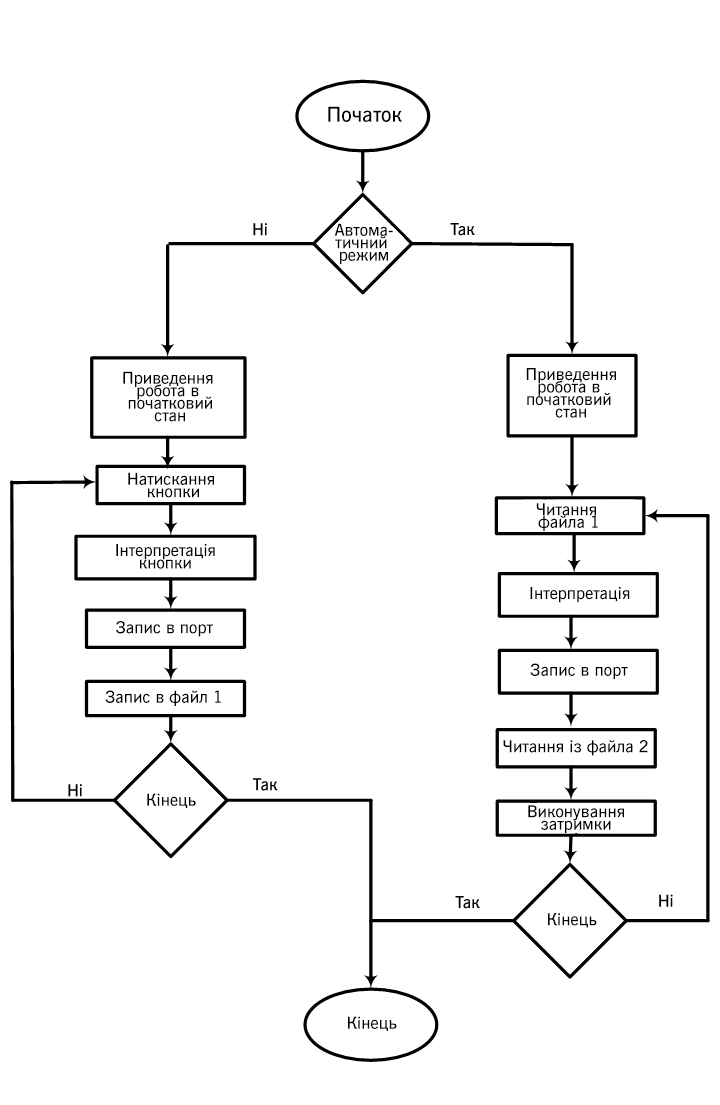


Рисунок 2.5. Програмний алгоритм пристрою керування мехатронного модуля

## Висновки до розділу 2

1. Розроблено кінематичну модель маніпулятора мехатронного модуля

2. Проаналізовано існуючі системи керування мехатронними модулями, внаслідок чого виявлено, що основою для подальшого розроблення системи керування буде слугувати система керування з жорсткою програмою

3. Розроблено структурну схему, а також програмний алгоритм пристрою керування мехатронного модуля

# РОЗДІЛ 3. РЕАЛІЗАЦІЯ ПРИСТРОЮ КЕРУВАННЯ МЕХАТРОННИМ МОДУЛЕМ

Даний розділ складається з трьох підрозділів. У першому підрозділі розраховано та реалізовано блок сполучення мехатронного модуля та комп’ютера. У другому підрозділі розраховано та реалізовано блоку пам’яті. У третьому підрозділі наведено програмну реалізацію пристрою керування.

## 3.1. Реалізація блоку сполучення мехатронного модуля та комп’ютера

В рамках даної роботи була поставлена задача здійснення керування мехатронним маніпулятором РФ-202м. В ході виконання даної роботи було встановлено що найбільш раціональним вирішенням цієї проблеми є проектування та реалізації комп'ютерної системи управління промисловим роботом. Для виконання даного завдання необхідно розробити пристрій сполучення порту вводу-виводу ПК з блоком електричних клапанів робота. Для вирішення цього завдання розглянемо блок електричних клапанів(рис.3.1).



Рисунок 3.1. Блок електричних клапанів

Блок електричних клапанів має 16 клапанів тому для підключення робота був обраний LPT-порт, так як він має найбільшу кількість висновків що спрощує проектування пристрою сполучення.

Оскільки в технічному завданні потрібно здійснити управління роботом за допомогою LPT-порту наведемо деякі дані про нього.

Порт паралельного інтерфейсу був введений в ПК для підключення принтера - LP'T-порт (Line PrinTer - порядковий принтер).

Адаптер паралельного інтерфейсу являє собою набір регістрів, розташованих в просторі введення / виводу. Регістри порту адресуються відносно базового адресу порта, стандартними значеннями якого є 386h, 378h і 278h. Порт має зовнішню 8-бітну шину даних, 5-бітну шину сигналів стану і 4-бітну шину керуючих сигналів.

BIOS підтримує до чотирьох LPT-портів (LPT1-LPT4), своїм сервісом - перериванням INT 17h, що забезпечує через них зв'язок з принтерами по інтерфейсу Centronics. Цим сервісом BIOS здійснює вивід символу, ініціалізацію інтерфейсу і принтера, а також опитування стану принтера.

Недоліки стандартного порту частково усувають нові типи портів, що з'явилися в комп'ютерах сімейства PS / 2.

Двохнаправлений порт 1 (Typel parallel port) - інтерфейс, введений з PS / 2. Такий порт крім стандартного режиму може працювати в режимі введення або двунаправленном. Протокол обміну формується програмно, а для вказівки напрямку передачі в регістр управління порту введений спеціальний біт: при CR.5 = 0 буфер даних працює на висновок, при CR.5 = 1 - на введення.

Порт з прямим доступом до пам'яті (Type 3 DMA parallel port) застосовувався в PS / 2 моделей 57, 90, 95. Цей тип був введений для підвищення пропускної здатності і розвантаження процесора при виведенні на принтер. Програмі, що працює з даним портом, потрібно тільки задати блок даних в пам'яті, що підлягають висновку, і висновок по протоколу Centronics проводився без участі процесора.

Стандарт IEEE 1284 визначає фізичні характеристики приймачів і передавачів сигналів. До передавачів ставляться такі вимоги: Рівні сигналів без навантаження не повинні виходити за межі -0,5 ... + 5,5 В.

Вимоги до приймачів:

* Допустимі пікові значення сигналів -2,0 ... + 7,0.
* Пороги спрацьовування повинні бути не вище 2,0 В (vih) для високого рівня і не нижче 0,8 В (vil) для низького.
* Приймач повинен мати гістерезис в межах 0,2-1,2 В.
* Вхідний струм мікросхеми не повинен перевищувати 20 мкА.
* Вхідна ємність не повинна перевищувати 50 пФ.

Стандарт IEEE 1284 визначає три типи використовуваних роз'ємів. Типи Л (DB-25) і В (Centronics-36) використовуються в традиційних кабелях підключення принтера, тип С - новий малогабаритний 36-контактний роз'єм.

Інтерфейсні кабелі, які традиційно використовуються для підключення принтерів, зазвичай мають від 18 до 25 провідників, в залежності від числа провідників ланцюга GND.

Стандарт IEEE 1284 регламентує і властивості кабелів:

* Всі сигнальні лінії повинні бути перевитими з окремими зворотними (загальними) проводами.
* Кожна пара повинна мати імпеданс 62 (±) 6 Ом в частотному діапазоні 4-16 МГц.
* Рівень перехресних перешкод між парами не повинен перевищувати 10%.
* Кабель повинен мати екран (фольгу), покриває не менше 85% зовнішньої поверхні. На кінцях кабелю екран повинен бути окольцован і з'єднаний з контактом роз'єму.
* Кабелі, що задовольняють цим вимогам, маркуються написом IЕЕЕ Std 1284-1994 Compliant ». Вони можуть мати довжину до 10 метрів.

Стандарт IEEE 1284 визначає п'ять режимів обміну, один з яких повністю відповідає традиційному стандартному програмно-керованого висновку по протоколу Centronics. Інші режими використовуються для розширення функціональних можливостей і підвищення продуктивності інтерфейсу. Стандарт визначає спосіб узгодження режиму, за яким програмне забезпечення може визначити режим, доступний і хосту (в нашому випадку це PC), і периферійних пристроїв.

Режими нестандартних портів, що реалізують протокол обміну Centronics апаратно ( «Fast Centronics,« Parallel Port FIFO Mode »), можуть і не бути режимами IEE1284, незважаючи на наявність в них рис ЕРР і ЕСР.

При описі режимів обміну фігурують такі поняття:

Хост комп'ютер, що володіє паралельним портом.

ПУ - периферійне пристрій, що підключається до цього порту (їм може виявитися й інший комп'ютер). позначеннях сигналів Ptr позначає передавальне периферійне пристрій.

Пристрій сполучення складається з двох частин блоку пам'яті і блоку електричних ключів. Наведемо короткі теоретичні відомості та технічні характеристики складових частин кожного з блоків, розглянемо принципи їх роботи. Розглянемо принцип роботи блоку сполучення як єдиного цілого.

Дана схема називається блок пам'яті і її завданням є прийом керуючого слова з порту, його запам'ятовування і видача на вихід протягом необхідного часу. Найбільш раціональним вирішенням цього завдання є застосування регістрів.

Регістр - послідовний логічний пристрій, що використовується для зберігання n-розрядних двійкових чисел і виконання перетворень над ними. Регістр являє собою упорядковану послідовність тригерів, число яких відповідає числу розрядів в слові. З кожним регістром зазвичай пов'язаний комбінаційний цифровий пристрій, за допомогою якого забезпечується виконання деяких операцій над словами.

Фактично будь-який цифровий пристрій можна представити у вигляді сукупності регістрів, з'єднаних один з одним за допомогою комбінаційних цифрових пристроїв. Основою побудови регістрів є D-тригери.

Тригер - електронна логічна схема з позитивним зворотним зв'язком, що має два стійких стани - одиничне і нульове, які позначаються відповідно 1 і 0. Такий пристрій може зберігати свій стан теоретично нескінченно довго (при наявності живлення). Будь-який тригер є схемою з пам'яттю або автоматом. Перемикання тригера відбувається по вхідному сигналу ззовні.

D-тригер (D від англ. Delay - затримка) - запам'ятовує стан входу і видає його на вихід. D-тригери мають, як мінімум, два входи: інформаційний D і синхронізації С. Збереження інформації в D-тригерах відбувається в момент приходу активного фронту на вхід С. Так як інформація на виході залишається незмінною до приходу чергового імпульсу синхронізації, D-тригер називають також тригером з запам'ятовуванням інформації або тригером-клямкою, D-тригер в основному використовується для реалізації засувки. Так, наприклад, для зняття 32 біт інформації з паралельної шини, беруть 32 D-тригера і об'єднують їх входи синхронізації для управління записом інформації в засувку, а 32 D входу під'єднують до шини.

Типовими є такі операції на регістрах:

* + прийом слова в регістр;
  + передача слова з регістру;
  + порозрядні логічні операції;
  + зсув слова вліво або вправо на задане число розрядів;
  + перетворення послідовного коду слова в паралельний установка регістра в початковий стан (скидання).

Регістри класифікуються за такими видами:

* + накопичувальні (регістри пам'яті, зберігання);
  + зсувні.

У свою чергу зсувні регістри діляться:

1) за способом вводу-виводу інформація:

• паралельні;

• послідовні;

• комбіновані;

2) у напрямку передачі інформації:

• односпрямовані;

• реверсивні.

Для реалізації схеми пам’яті були обрані дві мікросхеми КР1533ір38(рис. 3.2), що працюють на транзисторно-транзисторній логікі, електричні параметри якої повністю сумісні з електричним інтерфейсом LPT-порту.

Мікросхема має два накопичувальних паралельних регістра з третім високо імпедансним станом виходів.



Рисунок 3.2. Структурна схема регістра мікросхеми КР1533ір38

Працює він у такий спосіб: при подачі на вхід тактування С сигналу високого рівня напруги, все тригери регістра на виході повторюють сигнал, що приходить на вхід, при зміні рівня сигналу на вході тактування з високого на низький всі тригери «замикаються», тобто запам'ятовують вхідний сигнал і видають його на вихід незалежно від сигналів, що приходять на вхід.

При подачі на вхід EO з подати високий рівень напруги то вихідні буферні елементи виявляться в стані високого імпедансу. Для установки на всіх висновках регістра низького рівня сигналу необхідно на вхід скидання R подати низький рівень сигналу.

## 3.2. Реалізація блоку електричних ключів

Друга частина схеми з'єднання має назву блок електричних ключів. Розглянемо принцип роботи окремого взятого ключа. Він складається з оптрона D3 і транзистора VT1.

Оптрон (оптопара) - електронний прилад, що складається з випромінювача світла (звичайно - світлодіод, в усталених виробах - мініатюрна лампа накалювання) і фотоприймача (біполярних і польових фототранзисторів, фотодіодів, фоторезисторів), пов'язаних оптичним каналом. Принцип роботи отптрона полягає в перетворенні електричного сигналу в світло, передачі його по оптичному каналу і подальшому перетворенню назад у електричний сигнал.

В оптроні, вхідний і вихідний ланцюг гальванічно розв'язуються між собою; взаємодія ланцюгів обмежена паразитними ємностями між виводами оптрону.

Електрична міцність (допустима напруга між вхідним та вихідним ланцюгах) залежить від конструктивного оформлення приладу; для поширених вітчизняних DIP-корпусів крайня напруга між ланцюгами нормується на 500 або 1000 В, при цьому опору ізоляції нормалізується на рівні 1 \* 10-11 Ом. Реальна напруга електричного пробою такого приладу - порядка декількох кіловольт.

Нижня робоча стрічка оптрона не обмежена - оптрони можуть працювати в ланцюгах постійного струму. Верхня робоча частота оптронів, оптимізованих під високочастотну передачу цифрових сигналів, досягає сотень МГц. Верхні робочі частоти лінійних оптронів істотно нижче (одиниці - сотні кГц). Найбільш повільні оптрони, що використовують лампи накалювання, фактично є ефективними фільтрами низьких частот із граничною полосою порядків одиниць Гц.

По ступені інтеграції оптрони діляться на:

• оптопари (або елементарні оптрони) - складені з двох і більше елементів (в т. ч. зібрані в одному корпусі)

• оптоелектронні інтегральні схеми, що містять один або кілька оптопар (з додатковими компонентами, наприклад, підсилювачі, або без них).

По типу оптичного каналу:

• з відчиненим оптичним каналом

• з зачиненим оптичним каналом

По типу фотоприймача:

• з фоторезистором

• с фотодіодом

• з біполярним (звичайним або складним) транзистором

• с польовим транзистором

Тип фотоприймача визначає лінійність передаточної функції оптрона. Найбільш лінійні і самі пригодні для роботи в аналогових приладах резисторні оптрони, потім – оптрони з прийняттям фотодіодом чи одиночним біполярним транзистором. Оптрони зі складними біполярними транзисторами або польовими транзисторами використовуються в імпульсних (ключових, цифрових) пристроях, в яких лінійність передачі не потрібна.

Оптрони мають кілька областей застосування, що використовують їх різні властивості. Оптронний координатний лічильник в механічній миші.

Оптичні прилади з відкритим оптичним каналом, доступними для механічного впливу (перекриття), використовуються як датчики у всіх можливих детекторах наявності (наприклад, детектор паперу в принтері), датчиків кінця (або початку), лічильників та дискретних спідометрів на їх базі (намір, координатні числа в механічній миші, ареометри).

Оптрони використовуються для гальванічного розв'язку ланцюгів - передачі сигналу без передачі напруги, для безконтактного управління та захисту. Деякі стандартні електричні інтерфейси, наприклад MIDI, приписують обов'язкову оптронну розв'язку.

На принципі оптрона побудовані такі пристосування як:

• бездротові пульти та оптичні пристрої введення;

• бездротові (атмосферно-оптичні) і волоконні-оптичні пристрої передачі аналогових та цифрових сигналів.

Принцип дії та розрахунок схем електронного ключа

Задачей данного блока є комутація електричних мереж блоку електрокерованих клапанів і захист LPT-порта від перешкод. Вихідний струм мікросхем КР1533ир38 Iвут = 20мА виходячи з цього обсягу вибираємо для гальванічного розв'язку оптопари АОТ128А, струм в вихідній ланцюзі якого складає 16мА, для комутації блоку електричних клапанів необхідний струм близько Iк = 0,6А і напруга живлення Uжив = 27В. Виходячи з цих даних, виберемо транзистор КТ853Г.

Електричні характеристики оптопари АОТ128Г:

=1,6В

=20мА

=16мА

=1.5В

=100ГОм

=1500В

Електричні характеристики транзистора КТ853Г:

=8А

=45В

=45В

=5В

=750

Транзистор VT1 включено по схемі з загальним емітером і працює в ключевому режимі. При відсутності струму необхідної сили через фототранзистор оптопари струм, що приходить в базу, замикає VT1 (рис.3.3).

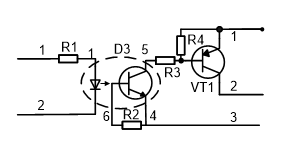


Рисунок 3.3. Електричний ключ

При прикладенні різниці потенціалів до електродів 1 і 2, де 2-катод, через світлодіод протікатиме струм, тому він освітлює фототранзистор, котрий різко зменшується через те, що струм через нього збільшується, що призведе до зменшення струму базі VT1 через те, що він відкриється. Тому з колектора ми отримуємо корисний сигнал.

Розрахуємо резистори R3 та R4 , при R2 = 100кОм(рекомендовано виробником оптопари). Згідно першого закону Кірхгофа:

, оскільки

Згідно закону Ома для ділянки електричного ланцюга:



Резистори R3 та R4 утворюють дільник напруги:







## 3.2. Реалізація блоку пам’яті мехатронного модуля

Блок пам'яті складається з двох мікросхем, кожна з яких складається з двох регістрів Інформаційні входи всіх чотирьох регістрів з'єднані паралельно з 4-ма магістралями (D1 RG1 з D1 RG2 з D1 RG3, D2 RG1 з D2 RG2 з D2 RG3 і т.д.) До кожної магістралі приєднується 1 відведення LPT-порта, ці відведення LPT мають номери 1-4. Тому керуюче слово з LPT-портом приходить до входу всіх 4-х регістрів одночасно. Запис в окремо взятий регістр і видача слова на його інформаційні виходи здійснюється по позитивному перепаду стробуючого сигналу, виведення якого з'єднується з виходом LPT порту напряму. Виводи LPT, що з'єднуються з виводами стробування, мають номери з 5-8. Крім того, кожний регістр має вхід від оновлення та встановлення в високоімпедансному стані. Ці входи з'єднуються паралельно за допомогою магістралей точно в тому ж вигляді, як і інформаційні входи (R RG1 з R RG2 та ін, EZ RG1 з EZ RG2 та ін). І служать для аварійної зупинки роботи блоку. Живлення блоку пам’яті здійснюється с блока живлення ПК, загальний блок пам’яті, з’єднується з загальним LPT.

Розглянемо принцип роботи ключа T1. Якщо з інформаційного виходу реєстру в вхідний ланцюг оптрона надходить сигнал високого рівня, це приводить до відкриття оптопари. Протікання струму в вихідному ланцюзі оптрона приводить до зменшення струму на базі транзистора VT1, внаслідок чого він відкривається і закриває електричні ланцюги клапана.

Всі інші ключі діють точно в тому ж вигляді. Блок електричних ключів живиться від джерела, що міститься в роботі-маніпуляторе Uжив = 27В. Загальний всіх ключів з’єднується з загальним роботом.

## 3.3. Програмна реалізація пристрою керування

На рис.17 представлено частину програмного коду розробленого для пристрою керування мехатронним модулем.



Рисунок 3.4. Програмний код пристрою керування мехатронного модуля

## Висновки до розділу 3

1. Розраховано і розроблено блок сполучення, для зв'язку мехатронного модуля та комп'ютера
2. Розраховано параметри і визначено характеристики для блоків сполучення та блоку пам'яті.
3. Програмно реалізовано алгоритм пристрою керування мехатронного модуля.

# РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Даний розділ складається з трьох підрозділів. У першому підрозділі проаналізовано небезпечні фактори використання пристрою керування мехатронним модулем. У другому підрозділі обґрунтовано шляхи та методи зменшення дії небезпечних факторів. У третьому підрозділі проведено розрахунок освітлення приміщення. У четвертому підрозділі наведено вибухова та пожежна небезпека в умовах експлуатації пристрою керування мехатронного модуля.

## 4.1. Аналіз небезпечних факторів для оператора при експлуатації пристрою керування мехатронним модулем.

Під час використання пристрою керування мехатронним модулем необхідно враховувати вплив наступних небезпечних і шкідливих факторів:

* Пожежна небезпека;
* Рівні електромагнітного випромінювання та магнітних полів
* Недостатня освітленість робочого місця
* Порушення мікроклімату робочого місця

**Пожежна небезпека.** У разі перебування людини в зоні впливу пожежі, вона може потрапити під дію небезпечних і шкідливих наступних факторів: вогонь та дим; токсичні продукти згорання пластмаси та електричних компонентів; підвищена температура середовища; недостатність кисню; руйнування приміщення; паніка.

Токсичні продукти згорання становлять найбільшу загрозу для життя оператора мехатронного модуля. Адже в сучасних приміщеннях та компонентах мехатронного модуля знаходиться значна кількість синтетичних матеріалів, що є основними джерелами токсичних продуктів згорання. Так при горінні пінополіуретану та капрону утворюється ціанистий водень, при горінні вініпласту — хлористий водень та оксид вуглецю. Найчастіше при пожежах відзначається високий вміст в повітрі оксиду вуглецю (в приміщеннях — 0,1—0,6%). Варто відзначити, що оксид вуглецю — це отруйний газ і вдихання повітря, в якому його вміст становить 0,4% —спричинить летальні наслідки.

**Рівні електромагнітного випромінювання та магнітних полів.** Електромагнітні поля негативно впливають на біологічні тканини і організм людини. В діапазоні промислових частот більше негативний вплив на біологічний об’єкт має електрична складова поля.Чутливим до електромагнітних полів є нервова система людина, яка прямо чи побічно змінює на патологічний або стресовий режим функціонування хронобіологічні процеси організму.

При дії електромагнітних полів на організм можливі гострі та хронічні форми порушення фізіологічних функцій. Такі порушення виникають, як наслідок дії електричної складової електромагнітних полів на нервову систему, а також на структуру кори головного та спинного мозку, серцево-судинної системи.

У більшості випадків такі зміни в діяльності нервової та серцево-судинної системи мають зворотній характер, але в результаті тривалої дії вони накопичуються, підсилюються з плином часу, але, як правило, зменшуються та зникають при виключенні впливу та поліпшенні умов праці. Тривалий та інтенсивний вплив ЕМП призводить до стійких порушень в організмі людини та захворювань.

Сумісна дія випромінювань широкого діапазону може викликати окрему радіохвильову хворобу.

Електричний струм чинить на живу тканину:

- тепловий вплив (опіки окремих ділянок тіла, нагрівання внутрішніх органів);

- механічний вплив (призводить до розриву тканин в організмі (м'язової, стінок судин);

- біологічний (порушення біоелектричних процесів, що протікають в організмі);

- електролітичний вплив, що призводить до розкладання органічних рідин, порушення їх фізико-хімічного складу.

Дія електричного струму на людину може привести до електротравми: електричного удару і місцевих травм. Зовнішнім проявом електротравми можуть бути опіки, електричні знаки на шкірному покриві, металізація поверхні шкіри.

## 4.2.1. **Зменшення дії небезпечних факторів при експлуатації пристрою керування мехатронним модулем**

Для зменшення впливу ЕМП на персонал потрібно вжити ряд захисних заходів. До їх числа входять організаційні, інженерно-технічні та лікарсько-профілактичні. Здійснення організаційних та інженерно-технічних заходів покладено передусім на органи санітарного нагляду. Підприємства та установи, які використовують джерела ЕМП, повинні проводити поточний санітарний нагляд за об'єктами, здійснювати організаційно-методичну роботу з підготовки спеціалістів та інженерно-технічний нагляд.

Ще на стадії проектування повинне бути забезпечене таке взаємне розташування опромінюючих та опромінюваних об'єктів, яке б зводило б до мінімуму інтенсивність опромінення. Потрібно зменшити імовірність проникнення людей у зони з високою інтенсивністю ЕМП, скоротити час перебування під опроміненням. Потужність джерел випромінювання мусить бути мінімально потрібною.

Важливе значення мають інженерно-технічні методи захисту: колективний, локальний та індивідуальний.

Локальний захист дуже ефективний і використовується часто. Він базується на використанні радіозахисних матеріалів, які забезпечують високе поглинання енергії випромінювання у матеріалі та віддзеркалення від його поверхні. Для екранування шляхом віддзеркалення використовують металеві листи та сітки з доброю провідністю. Захист приміщень від зовнішніх випромінювань можна здійснити завдяки обклеюванню стін металізованими шпалерами, захисту вікон сітками, металізованими шторами. Опромінення у такому приміщенні зводиться до мінімуму, але віддзеркалене від екранів випромінювання перерозповсюджується в просторі та потрапляє на інші об'єкти.

До інженерно-технічних засобів захисту також належать:

* конструктивна можливість працювати на зниженій потужності в процесі налагоджування та профілактики;
* робота на еквівалент навантаження;
* дистанційне керування.

Для персоналу, що обслуговує радіозасоби та знаходиться на невеликій відстані, потрібно забезпечити надійний захист шляхом екранування апаратури. Поряд із віддзеркалюючими широко розповсюджені екрани з матеріалів, що поглинають випромінювання.

Існує велика кількість радіопоглинальних матеріалів як однорідного складу,так і композиційних, котрі складаються з різнорідних діелектричних та магнітних речовин. З метою підвищення ефективності поглинача поверхня екрана виготовляється шорсткою, ребристою або у вигляді шипів.

Радіопоглинальні матеріали можуть використовуватись для захисту навколишнього середовища від ЕМП, яке генерується джерелом, що знаходиться в екранованому об'єкті. Крім того, радіопоглиначами для захисту від віддзеркалення ликуються стіни безлунких камер – приміщень, де випробовуються випромінювальні пристрої. Радіопоглинальні матеріали використовуються в кінцевих навантаженнях, еквівалентних системах [32].

## 4.2.2. Ліквідація і зменшення дії небезпечних факторів при використанні електричного струму

Для забезпечення електробезпеки застосовують окремо або у поєднанні один з іншим наступні технічні способи та засоби: захисне заземлення, занулення, захисне вимкнення, вирівнювання потенціалів, мала напруга, ізоляція струмоведучих частин; електричне розділення мереж, обладнання огородження, блокування, попереджувальна сигналізація, знаки безпеки, попереджувальні плакати; електрозахисті засоби.

*Захисним заземленням* називається навмисний електричний контакт із землею або її еквівалентом металевих знеструмлених частин, які можуть опинитися під напругою при замиканні на корпус та через інші причини. Завдання захисного заземлення − усунення небезпеки ураження струмом у випадку доторкання до корпусу та інших струмоведучих металевих частин електроустановки, що опинилися під напругою.

Принцип дії захисного заземлення ⎯ зменшення напруги між корпусом, що опинився під напругою, та землею до безпечного значення. У якості провідників заземлення дозволяється використовувати різні металеві конструкції: ферми, шахти ліфтів, підйомників, сталеві труби електропроводок, відкрито прокладені стаціонарні трубопроводи різного призначення (крім трубопроводів горючих та вибухонебезпечних газів, каналізації і центрального опалення).

*Зануленням* називається навмисне електричне з’єднання з нульовим захисним провідником металевих частин, що не проводять струм, які можуть опинитися під напругою внаслідок замикання на корпус та через інші причини. Завдання занулення ⎯ усунення небезпеки ураження струмом у випадку контакту з корпусом та іншими металевими частинами електроустановки, які не проводять струм, що опинилися під напругою внаслідок замикання на корпус. Вирішується це завдання швидким вимкненням пошкодженої електроустановки із мережі.

Принцип дії занулення ⎯ перетворення замикання на корпус в однофазне коротке замикання (тобто замикання між фазними та нульовими проводами) з метою викликати більший струм, здатний забезпечити спрацьовування захисту і цим самим автоматично вимкнути пошкоджену установку із мережі живлення. Таким захистом можуть бути плавкі запобіжники, магнітні пускачі з тепловим захистом, контактори у поєднанні з тепловими реле, автомати, що здійснюють захист одночасно від струмів короткого замикання та від перевантаження.

*Захисне вимкнення ⎯* швидкодіючий захист, що забезпечує автоматичне вимкнення електроустановки при виникненні у ній небезпеки ураження струмом. При застосуванні цього виду захисту безпека забезпечується швидкодіючим вимкненням аварійної ділянки або мережі у однофазному замиканні на землю або на елементи електрообладнання, нормально ізольовані від землі, а також при доторканні людини до частин, що перебувають під напругою. Захисне вимкнення може слугувати доповненням до систем заземлення та занулення, а також у якості єдиного та основного заходу захисту.

*Мала напруга* ⎯ це нормальна напруга не більша 42 В, що застосовується у електричних колах для зменшення небезпеки ураження електричним струмом. Застосування малих напруг сприяє різкому зменшенню небезпеки ураження, особливо під час роботи у приміщеннях із підвищеною небезпекою, особливо небезпечних та на зовнішніх установках. Однак електроустановки з такою напругою являють небезпеку при двофазному контакті. Малі напруги використовують для живлення електроінструменту, світильників стаціонарного освітлення, переносних ламп у приміщеннях із підвищеною небезпекою або особливо небезпечних та в інших випадках. Джерелами малої напруги можуть бути спеціальні знижувальні трансформатори із вторинним напруженням 12⎯14В. Використання малих напруг − ефективний захід захисту, однак область його застосування невелика. Це обумовлено труднощами створення довгих мереж та потужних електроприймачів малої напруги.

## 4.3. Розрахунок освітлення приміщення

Для освітлення хірургічного кабінету площею S = (6 х 9) м2 і висотою Н = 2,75 м використовуються світильники типу ОДОР-2 з люмінесцентними лампами ЛБ-30. Світловий потік для даних ламп F = 2100 лм. Висота підвісу світильників над робочою поверхнею НР = 2,5 м. Коефіцієнт відбиття стелі рп = 0,7, стін рс = 0,5, робочої поверхні рр = 0,3. Коефіцієнт запасу К = 1,5 і нерівномірності освітлення z = 1,1. Напруга мережі 220 В.

Визначити кількість світильників, необхідних для освітлення приміщення, якщо освітленість ЕІ = 300 лк.

Для визначення кількості ламп необхідно визначити індекс приміщення, за формулою 6.1.

 (6.1)

З отриманої величини визначаємо η = 0,54 (Табл. 6.1).

Таблиця 6.1

Таблиця коефіцієнтів освітлення

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Джерело  світла | Люмінесцентна  лампа | Лампа  ДРЛ | Лампа  розжарювання |
| ρп %  ρс %  ρр % | 70 70 50 30  50 50 30 10  30 10 10 10 | 70 70 50 30  50 50 30 10  30 10 10 10 | 70 70 50 30  50 50 30 10  30 10 10 10 |
| ϕ тип | ОДОР | СДДРЛ | Гс і ГсУ |
| 0,6  0,8  1,0  1,25  1,5  2,0  2,5  3,0  4,0  5,0 | 32 30 24 20  39 37 31 26  45 42 35 30  51 48 40 35  55 51 43 38  61 56 48 43  65 59 51 46  68 61 53 48  72 64 56 51  75 66 58 53 | 37 36 30 26  45 43 37 33  51 48 43 39  58 53 48 44  62 57 52 49  69 62 58 54  73 65 61 58  76 68 64 61  81 71 68 65  83 73 69 67 | 49 47 42 38  59 56 51 48  66 63 58 55  72 68 63 60  77 72 67 64  84 76 73 69  88 79 76 73  91 81 78 75  95 84 80 78  96 85 82 79 |

Розраховуємо кількість ламп за формулою 6.2.

 (6.2)

Розраховуємо кількість світильників за формулою 6.3.

 (6.3)

Приводимо до цілого числа і знаходимо остаточну кількість світильників N = 12 шт. Для рівномірного освітлення розміщуємо світильники в 2 ряди по 6 шт./ряд по довжині кімнати.

**6.3. Вибухова та пожежна небезпека в умовах експлуатації пристрою керування мехатронного модуля**

Забезпечення пожежної безпеки

Забезпечення пожежної безпеки є складовою частиною виробничої та іншої діяльності посадових осіб, працівників підприємств, установ, організацій та підприємців. Це повинно бути відображено у трудових договорах (контрактах) та статутах підприємств, установ та організацій.

Забезпечення пожежної безпеки підприємств, установ та організацій покладається на їх керівників і уповноважених ними осіб, якщо інше не передбачено відповідним договором.

Забезпечення пожежної безпеки при проектуванні та забудові населених пунктів, будівництві, розширенні, реконструкції та технічному переоснащенні підприємств, будівель і споруд покладається на органи архітектури, замовників, забудовників, проектні та будівельні організації.

Забезпечення пожежної безпеки в жилих приміщеннях державного, громадського житлового фонду, фонду житлово-будівельних кооперативів покладається на квартиронаймачів і власників, а в жилих будинках приватного житлового фонду та інших спорудах, на дачах і садових ділянках - на їх власників або наймачів, якщо це обумовлено договором найму [33].

Обов'язки підприємств, установ та організацій щодо забезпечення пожежної безпеки.

Власники підприємств, установ та організацій або уповноважені ними органи (далі - власники), а також орендарі зобов'язані:

* розробляти комплексні заходи щодо забезпечення пожежної безпеки, впроваджувати досягнення науки і техніки, позитивний досвід;
* відповідно до нормативних актів з пожежної безпеки розробляти і затверджувати положення, інструкції, інші нормативні акти, що діють у межах підприємства, установи та організації, здійснювати постійний контроль за їх додержанням;
* забезпечувати додержання протипожежних вимог стандартів, норм, правил, а також виконання вимог приписів і постанов органів державного пожежного нагляду;
* організовувати навчання працівників правилам пожежної безпеки та пропаганду заходів щодо їх забезпечення;
* у разі відсутності в нормативних актах вимог, необхідних для забезпечення пожежної безпеки, вживати відповідних заходів, погоджуючи їх з органами державного пожежного нагляду;
* утримувати в справному стані засоби протипожежного захисту і зв'язку, пожежну техніку, обладнання та інвентар, не допускати їх використання не за призначенням;
* створювати у разі потреби відповідно до встановленого порядку підрозділи пожежної охорони та необхідну для їх функціонування матеріально-технічну базу;
* подавати на вимогу державної пожежної охорони відомості та документи про стан пожежної безпеки об'єктів і продукції, що ними виробляється;
* здійснювати заходи щодо впровадження автоматичних засобів виявлення та гасіння пожеж і використання для цієї мети виробничої автоматики;
* своєчасно інформувати пожежну охорону про несправність пожежної техніки, систем протипожежного захисту, водопостачання, а також про закриття доріг і проїздів на своїй території;
* проводити службове розслідування випадків пожеж.

Обов'язки сторін щодо забезпечення пожежної безпеки орендованого майна повинні бути визначені у договорі оренди.

Підприємства, установи та організації незалежно від форм власності, які виробляють продукцію протипожежного призначення та надають послуги, пов'язані з запобіганням або ліквідацією пожеж, звільняються від сплати податків на прибуток у межах обсягу виконаних робіт.

Підприємства, установи та організації, які мають або утримують пожежні команди з виїзною пожежною технікою, частково звільняються від сплати податків на прибуток (50 відсотків коштів, що витрачаються на утримання цих команд).

На підприємстві, в установі та організації з кількістю працюючих 50 і більше чоловік рішенням трудового колективу може створюватися пожежно-технічна комісія. У виняткових випадках її функції може виконувати комісія з охорони праці. Типове положення про пожежно-технічну комісію затверджується Міністерством України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи.

Повноваження в галузі пожежної безпеки асоціацій, корпорацій, концернів, інших виробничих об'єднань визначаються їх статутами або договорами між підприємствами, що утворили об'єднання. Для виконання делегованих об'єднанню функцій в його апараті створюється служба пожежної безпеки [33].

Обов'язки громадян щодо забезпечення пожежної безпеки.

Громадяни України, іноземні громадяни та особи без громадянства, які перебувають на території України, зобов'язані:

виконувати правила пожежної безпеки, забезпечувати будівлі, які їм належать на праві особистої власності, первинними засобами гасіння пожеж і протипожежним інвентарем, виховувати у дітей обережність у поводженні з вогнем;

повідомляти пожежну охорону про виникнення пожежі та вживати заходів до її ліквідації, рятування людей і майна [33].

Пожежна небезпека будівель та споруд, а також здатність до поширення пожежі визначаються кількістю та властивостями матеріалів, що знаходяться в будівлі, а також пожежною небезпекою будівельних конструкцій, яка залежить від ступеня вогнестійкості та горючості матеріалів, з яких вони зроблені й визначається відповідно до вимог нормативних документів. Залежно від матеріалу виготовлення основні будівельні конструкції поділяють на кам'яні, залізобетонні, металеві, дерев'яні, а також такі, що містять полімерні матеріали.

Горючість та здатність чинити опір дії пожежі будівельними конструкціями характеризуються їх вогнестійкістю.

Вогнестійкість конструкції - це здатність конструкції зберігати несучі та (або) огороджувальні функції в умовах пожежі. Нормована характеристика вогнестійкості основних будівельних конструкцій називається ступенем вогнестійкості. Ступінь вогнестійкості будівель та споруд залежить від меж вогнестійкості будівельних конструкцій та меж поширення вогню по них.

Межа вогнестійкості конструкції - це показник вогнестійкості конструкції, який визначається часом від початку вогневого випробування за стандартного температурного режиму до втрати конструкцією несучої здатності, цілісності або теплоізолювальної здатності.

Межа поширення вогню будівельними конструкціями - це розмір зони пошкодження зразка в площині конструкцій від межі нагрівання до найбільш віддаленої точки пошкодження.

Для запобігання розповсюдженню пожежі та продуктів горіння з приміщень або пожежного відсіку з осередком пожежі в інші приміщення, створюють протипожежні перешкоди. Протипожежна перешкода - це будівельна конструкція, інженерна споруда чи технічний засіб, що має нормовану межу вогнестійкості і перешкоджає поширенню вогню.

За допомогою перешкод, які обмежують розповсюдження пожежі та продуктів горіння, можуть бути створені безпечні зони або приміщення для тривалого чи короткочасного перебування людей, що сприяє успішному

проведенню операцій їх рятування у разі пожежі.

Захист людей у разі пожежі є найважливішим завданням всієї системи протипожежного захисту. Вирішення цього завдання становить велику складність, оскільки має власну специфіку та здійснюється іншими шляхами, ніж захист будівельних конструкцій чи матеріальних цінностей.

## 4.4. Вибухова та пожежна небезпека в умовах експлуатації пристрою керування мехатронного модуля

Техніка безпеки – система організаційних заходів і технічних засобів, спрямованих на запобігання впливу на працюючих небезпечних виробничих факторів, що є причиною травм або раптового різкого погіршення здоров'я. ТБ є частиною охорони праці і включає такі заходи, як навчання та інструктаж працюючих з питань безпеки праці, підтримку в технічно безпечному стані будівель та споруд, оснащення новостворюваного і експлуатованого виробничого обладнання захисними і запобіжними пристроями, розробку засобів колективного та індивідуального захисту працюючих від впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів, а також організацію забезпечення цими засобами робітників і службовців.

Заходи щодо ТБ засновані на вимогах нормативної документації, що розробляється і затверджується в розвиток відповідних статей трудового законодавства.

Основними нормативними документами, що регламентують безпеку праці, є державні та галузеві стандарти системи безпеки праці.

На кожному підприємстві, в установі та організації існує система навчання, інструктажу та атестації працюючих з питань безпеки праці, організовуються кабінети з охорони праці. Невід'ємна складова частина цієї роботи – пропаганда питань охорони праці з використанням плакатів, радіо, кінофільмів, лекцій та бесід з працюючими.

Технічна безпека виробничого устаткування повинна забезпечуватися як на стадіях його розробки та виготовлення, так і в ході експлуатації. Всі розроблювальне, серійно випускається і експлуатоване обладнання повинно відповідати вимогам системи стандартів безпеки праці та іншої нормативно-технічної документації з безпеки праці. Особливе значення має створення і впровадження у виробництво повністю безпечних машин і технологічного обладнання, що виключають застосування додаткових засобів ТБ при їх експлуатації. Аналогічним чином повинна забезпечуватись безпека технологічних процесів.

Техніка безпеки при роботі з медичною апаратурою.

У залежності від видів і конструкції медичної апаратури, способів її застосування та обслуговування, типів приміщень де вона експлуатується, можливі різні шкідливі і небезпечні виробничі впливу на обслуговуючий персонал. До них відносяться ураження електричним струмом, підвищені рівні іонізуючих, електромагнітних, ультрафіолетових, інфрачервоних, ультразвукових, відображених і розсіяних лазерних випромінювань в робочих зонах, висока або низька температура поверхонь апаратури, вибухо- і пожежонебезпека, підвищений рівень шуму та вібрації на робочому місці, небезпека механічних пошкоджень, шкідливі хімічні і біологічні впливи та ін.

Основою ТБ при роботі з медичною апаратурою є постійне підтримання її у справному технічному стані, дотримання правил застосування, улаштування електроустановок для харчування електромедичної апаратури, а також загальних та галузевих правил експлуатації приладів і апаратів.

Для забезпечення електробезпеки проводять періодичний контроль й огляд технічного стану електромедичної апаратури, перевіряють електромонтаж, електроізоляцію і засоби захисту. В ході періодичного і післяремонтного контролю перевіряють цілісність всіх кожухів, захисних кришок, ізоляції мережевого шнура і проводів, що приєднуються до пацієнта, основні технічні характеристики апарата, кріплення проводів та деталей апарату, вимірюють струми витоку, опір ізоляції мережевий ланцюга від корпусу і від ланцюзі пацієнта, опір ланцюга захисного заземлення. У процесі експлуатації обладнання можливе забруднення шляхів витоку і повітряних зазорів, які необхідно періодично очищати.

При регулюванні електромедичної апаратури, що знаходиться під мережевим або більш високою напругою, необхідно користуватися інструментами з ізольованими рукоятками, працювати, стоячи на діелектричному гумовому килимку, в діелектричних рукавичках, в одязі з довгими рукавами та ін. У приміщеннях, де експлуатується електромедична апаратура і при її налаштуванні під напругою металеві труби водопроводу, опалення, труби, по яких подаються використовувані в медицині гази, і інші заземлення проводять конструкції повинні бути недоступні для дотику, наприклад захищені дерев'яними щитами. У приміщеннях, де медичний персонал та пацієнти можуть безпосередньо контактувати з заживленою від мережі електромедичною апаратурою, наприклад в операційних, палатах інтенсивної терапії, повинна застосовуватися система вирівнювання потенціалів металевих конструкцій: корпусу електромедичної апаратури, металеві трубопроводи, операційні та інструментальні столи повинні бути з'єднані з захисним заземленням за допомогою ізольованих мідних провідників перерізом не менше 4 мм2.

Інтенсивність електромагнітного поля в робочій зоні персоналу, що обслуговує апарати для мікрохвильової терапії, не повинна перевищувати гранично допустимі величини. Забороняється перебування персоналу в зоні випромінювання апаратів, що генерують сантиметрові і дециметрові хвилі. Експлуатація таких апаратів з дистанційним розташуванням випромінювачів дозволяється лише в спеціально виділених приміщеннях або в екрануючих кабінетах.

Система організаційних заходів щодо ТБ включає своєчасний інструктаж і навчання медичного та технічного персоналу безпечним прийомам роботи, правильну організацію робочого місця та режиму праці, застосування захисних засобів, нагляд під час роботи, допуск до самостійної роботи з медичною технікою тільки спеціально навченого персоналу не молодше 18 років, придатного за станом здоров'я і кваліфікації (атестованого) до здійснення експлуатації, монтажу, технічного обслуговування і ремонту медичної техніки, призначення відповідальних за техніку безпеки, розробку програми періодичних оглядів і технічних випробувань електромедичної апаратури і електричних установок, застосування попереджувальних написів і знаків.

Згідно НПАОП 85.11-1.10-84 можна виділити деякі особливості з техніки безпеки при експлуатації приладів ЕХВЧ.

Вимоги електробезпеки при експлуатації пристрою керування мехатронного модуля.

Для захисту від ураження електричним струмом всі доступні для дотику металеві частини електромедичної апаратури класу I, 01 повинні бути занулені або з'єднані про пристроєм захисного заземлення перед подачею на апаратуру мережевого живлення при живленні їх мережі з ізольованою нейтраллю.

При проведенні електролікувальних і діагностичних процедур і контакті електродів з пацієнтом персонал повинен виключити можливість випадкового заземлення пацієнта.

Персоналу забороняється при проведенні процедур за допомогою електромедичної апаратури залишати пацієнтів без нагляду.

У приміщеннях, в яких експлуатується електромедична апаратура, радіатори і металеві труби опалення, водопровідної, каналізаційної і газової систем повинні бути закриті дерев'яними гратами, а підлоги повинні бути ізольованими.

При виявленні несправності в процесі експлуатації електромедичної апаратури персонал повинен негайно відключити несправний апарат від мережі, зробити відповідний запис у журналі технічного обслуговування, доповісти про це завідуючому відділенням. Працювати з цим апаратом персонал може тільки після усунення несправності я наявності відповідного запису електромеханіка в журналі техобслуговування.

Персоналу забороняється висмикувати штепсельну вилку з розетки за шнур, зусилля повинне бути приладнані до корпусу вилки.

Забороняється провозити візки і наступати на електричні кабелі або шнури електроприймачів.

У медичних установах при підключенні виробів медичної техніки забороняється використання перехідників і подовжувачів для чого в приміщеннях повинне передбачатися достатнє число штепсельних розеток у відповідних місцях.

Персоналу забороняється використовувати електричне обладнання, не ознайомившись попередньо з принципом його роботи і небезпеками, другі можуть виникнути при експлуатації.

Забороняється перевіряти працездатність приладів в непристосованих для експлуатації приміщеннях про струмопровідними волами, сирих, не дозволяють заземлити доступні металеві частини включаються в мережу апаратів класу 01, I.

Персоналу забороняється усувати несправності в підключеному до мережі приладі.

Забороняється застосовувати в лікувальних установах електричні плитки з відкритими підігрівачами (спіралями), електрообігрівачі без захисних огороджувальних пристроїв і інші електроприймачі, що мають частини під напругою, доступні для дотику [34].

## Висновки до розділу 4

В даному розділі було розглянуто небезпечні і шкідливі для людини фактори, які виникають при експлуатації пристрою керування мехатронним модулем. Наведені основні принципи ліквідації цих небезпечних факторів. Також був проведений розрахунок освітлення хірургічного кабінету, в якому експлуатуватиметься пристрій керування мехатронного модуля. Була наведена інструкція з техніки безпеки при експлуатації пристрою керування мехатронним модулем.

Користуючись даною інструкцією та запропонованими засобами захисту і іншими способами ліквідації негативного впливу пристрою керування мехатронним модулем, можна суттєво знизити ризик для здоров’я персоналу, який користується даним приладом.

# **РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО** СЕРЕДОВИЩА

Даний розділ складається з трьох підрозділів. У першому підрозділі проведено аналіз нормативно-правових актів з охорони навколишнього середовища. У другому підрозділі розраховано та реалізовано блоку пам’яті. У третьому підрозділі наведено програмну реалізацію пристрою керування.

## 5.1. Аналіз нормативно-правових актів з охорони навколишнього середовища

Завданням законодавства про охорону навколишнього природного середовища є регулювання відносин у галузі охорони, використання і відтворення природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки, запобігання і ліквідації негативного впливу господарської та іншої діяльності на навколишнє природне середовище, збереження природних ресурсів, генетичного фонду живої природи, ландшафтів та інших природних комплексів, унікальних територій та природних об'єктів, пов'язаних з історико-культурною спадщиною [35].

Відносини у галузі охорони навколишнього природного середовища в Україні регулюються Законом України про охорону навколишнього середовища, а також земельним, водним, лісовим законодавством, законодавством про надра, про охорону атмосферного повітря, про охорону і використання рослинного і тваринного світу та іншим спеціальним законодавством.

Згідно зі статтею 50 Конституції України. Кожен має право на безпечне для життя і здоров'я довкілля та на відшкодування завданої порушенням цього права шкоди.

Кожному гарантується право вільного доступу до інформації про стан довкілля, про якість харчових продуктів і предметів побуту, а також право на її поширення. Така інформація ніким не може бути засекречена.

Згідно зі статтею 3 Закону України «Про охорону навколишнього природнього середовища», основними принципами охорони навколишнього природного середовища є:

а) пріоритетність вимог екологічної безпеки, обов'язковість додержання екологічних стандартів, нормативів та лімітів використання природних ресурсів при здійсненні господарської, управлінської та іншої діяльності;

б) гарантування екологічно безпечного середовища для життя і здоров'я людей;

в) запобіжний характер заходів щодо охорони навколишнього природного середовища;

г) екологізація матеріального виробництва на основі комплексності рішень у питаннях охорони навколишнього природного середовища, використання та відтворення відновлюваних природних ресурсів, широкого впровадження новітніх технологій;

д) збереження просторової та видової різноманітності і цілісності природних об'єктів і комплексів;

е) науково обґрунтоване узгодження екологічних, економічних та соціальних інтересів суспільства на основі поєднання міждисциплінарних знань екологічних, соціальних, природничих і технічних наук та прогнозування стану навколишнього природного середовища;

є) обов'язковість надання висновків державної екологічної експертизи;

ж) гласність і демократизм при прийнятті рішень, реалізація яких впливає на стан навколишнього природного середовища, формування у населення екологічного світогляду;

з) науково обґрунтоване нормування впливу господарської та іншої діяльності на навколишнє природне середовище;

и) безоплатність загального та платність спеціального використання природних ресурсів для господарської діяльності;

і) компенсація шкоди, заподіяної порушенням законодавства про охорону навколишнього природного середовища;

ї) вирішення питань охорони навколишнього природного середовища та використання природних ресурсів з урахуванням ступеня антропогенної змінності територій, сукупної дії факторів, що негативно впливають на екологічну обстановку;

й) поєднання заходів стимулювання і відповідальності у справі охорони навколишнього природного середовища;

к) вирішення проблем охорони навколишнього природного середовища на основі широкого міждержавного співробітництва;

л) встановлення екологічного податку, збору за спеціальне використання води, збору за спеціальне використання лісових ресурсів, плати за користування надрами відповідно до Податкового кодексу України [35].

Згідно зі статтею 9 Закону України «Про охорону навколишнього природнього середовища», кожний громадянин України має право на:

а) безпечне для його життя та здоров'я навколишнє природне середовище;

б) участь в обговоренні та внесення пропозицій до проектів нормативно-правових актів, матеріалів щодо розміщення, будівництва і реконструкції об'єктів, які можуть негативно впливати на стан навколишнього природного середовища, внесення пропозицій до органів державної влади та органів місцевого самоврядування, юридичних осіб, що беруть участь в прийнятті рішень з цих питань;

в) участь в розробці та здійсненні заходів щодо охорони навколишнього природного середовища, раціонального і комплексного використання природних ресурсів;

г) здійснення загального і спеціального використання природних ресурсів;

д) об'єднання в громадські природоохоронні формування;

е) вільний доступ до інформації про стан навколишнього природного середовища (екологічна інформація) та вільне отримання, використання, поширення та зберігання такої інформації, за винятком обмежень, встановлених законом;

є) участь у публічних слуханнях або відкритих засіданнях з питань впливу запланованої діяльності на навколишнє природне середовище на стадіях розміщення, проектування, будівництва і реконструкції об'єктів та у проведенні громадської екологічної експертизи;

ж) одержання екологічної освіти;

з) подання до суду позовів до державних органів, підприємств, установ, організацій і громадян про відшкодування шкоди, заподіяної їх здоров'ю та майну внаслідок негативного впливу на навколишнє природне середовище;

и) оскарження у судовому порядку рішень, дій або бездіяльності органів державної влади, органів місцевого самоврядування, їх посадових осіб щодо порушення екологічних прав громадян у порядку, передбаченому законом.

Законами України можуть бути визначені й інші екологічні права громадян.

Порушення законодавства України про охорону навколишнього природного середовища тягне за собою встановлену Законом України «Про охорону навколишнього природнього середовища» та іншим законодавством України дисциплінарну, адміністративну, цивільну і кримінальну відповідальність.

Відповідальність за порушення законодавства про охорону навколишнього природного середовища несуть особи, винні у:

а) порушенні прав громадян на екологічно безпечне навколишнє природне середовище;

б) порушенні норм екологічної безпеки;

в) порушенні вимог законодавства України при проведенні екологічної експертизи, в тому числі поданні завідомо неправдивого експертного висновку;

г) невиконанні вимог державної екологічної експертизи;

д) фінансуванні і впровадженні у виробництво нових технологій і устаткування без позитивного висновку державної екологічної експертизи;

е) порушенні екологічних вимог при проектуванні, розміщенні, будівництві, реконструкції, введенні в дію, експлуатації та ліквідації підприємств, споруд, пересувних засобів та інших об'єктів;

є) допущенні наднормативних, аварійних і залпових викидів і скидів забруднюючих речовин та інших шкідливих впливів на навколишнє природне середовище;

ж) перевищенні лімітів та порушенні інших вимог використання природних ресурсів;

з) самовільному спеціальному використанні природних ресурсів;

і) невжитті заходів щодо попередження та ліквідації екологічних наслідків аварій та іншого шкідливого впливу на навколишнє природне середовище;

ї) невиконанні розпоряджень органів, які здійснюють державний контроль у галузі охорони навколишнього природного середовища, та вчиненні опору їх представникам;

й) порушенні природоохоронних вимог при зберіганні, транспортуванні, використанні, знешкодженні та захороненні хімічних засобів захисту рослин, мінеральних добрив, токсичних радіоактивних речовин та відходів;

к) невиконанні вимог охорони територій та об'єктів природно-заповідного фонду та інших територій, що підлягають особливій охороні, видів тварин і

рослин, занесених до Червоної книги України;

л) відмові від надання своєчасної, повної та достовірної інформації про стан навколишнього природного середовища, а також про джерела забруднення, у приховуванні випадків аварійного забруднення навколишнього природного середовища або фальсифікації відомостей про стан екологічної обстановки чи захворюваності населення;

м) приниженні честі і гідності працівників, які здійснюють контроль в галузі охорони навколишнього природного середовища, посяганні на їх життя і здоров'я;

н) порушенні природоохоронних вимог під час провадження діяльності, пов'язаної з поводженням з генетично модифікованими організмами [35].

Законодавством України може бути встановлено відповідальність і за інші порушення законодавства про охорону навколишнього природного середовища. Підприємства, установи, організації та громадяни зобов'язані відшкодовувати шкоду, заподіяну ними внаслідок порушення законодавства про охорону навколишнього природного середовища, в порядку та розмірах, встановлених законодавством України.

Застосування заходів дисциплінарної, адміністративної або кримінальної відповідальності не звільняє винних від компенсації шкоди, заподіяної забрудненням навколишнього природного середовища та погіршенням якості природних ресурсів. Незаконно добуті в природі ресурси та виготовлена з них продукція підлягають безоплатному вилученню, а знаряддя правопорушення - конфіскації. Одержані від їх реалізації доходи спрямовуються в Автономної Республіки Крим і місцеві фонди охорони навколишнього природного середовища.

Посадові особи та спеціалісти, винні в порушенні вимог щодо охорони навколишнього природного середовища та використання природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки за поданням центрального органу виконавчої влади, що реалізує державну політику із здійснення державного нагляду (контролю) у сфері охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання, відтворення і охорони природних ресурсів, згідно з рішеннями їх органів управління позбавляються премій за основними результатами господарської діяльності повністю або частково.

## 5.2. Аналіз небезпечних факторів при використанні пристрою керування мехатронним модулем

*Небезпечні фактори пов’язані з ЕМП*. Електростатичні поля виникають при роботі з матеріалами та виробами, що легко електризуються, а також при експлуатації високовольтних установок постійного струму.

Джерелами постійних та магнітних полів є: електромагніти, соленоїди, магнітопроводи в електричних машинах та апаратах, литі та металокерамічні магніти, використовувані в радіотехніці.

Механізм впливу ЕМП на біологічні об’єкти дуже складний і недостатньо вивчений. Але в спрощеному вигляді цей вплив можна уявити наступним чином: у електричному полі молекули, з яких складається тіло людини, поляризуються і орієнтуються за напрямком поля: у рідинах, зокрема в крові, під дією електрики з’являються іони і, як наслідок, струми. Однак іонні струми будуть протікати у тканині тільки по міжклітинній рідині, тому що за постійного поля мембрани клітини, будучи добрими ізоляторами, надійно ізолюють внутрішньоклітинне середовище.

При підвищенні частоти зовнішнього ЕМП електричні властивості живих тканин змінюються: вони втрачають властивості діелектриків і набувають властивостей провідників, до того ж ця зміна відбувається нерівномірно. З подальшим зростанням частоти індукція іонних струмів поступово заміщується поляризацією молекул.

Змінне поле викликає нагрівання тканин людини як за рахунок змінної поляризації діелектрика, так і за рахунок появи струмів провідності. Тепловий ефект є наслідком поглинання енергії електромагнітного поля. На високих частотах, перед усім в діапазоні радіочастот (1015−1011 Гц), енергія поля, що проникає в організм багатократно відбивається, заломлюється у багатошаровій структурі тіла з різними товщинами шарів тканин. Внаслідок цього поглинається енергія ЕМП неоднаково, звідси вплив на різні тканини відбувається також неоднаково. Крім того, підшкірний жировий шар може грати роль четверть−хвильового трансформатора, що узгоджує хвильові опори шкіри та м’язової тканини, яка межує з жировим шаром. При цьому доля енергії, що проходить через тіло, може значно збільшитися. Цей ефект залежить від товщини жирового шару, товщини шкіри та частоти поля.

Дослідження показали, що вплив ЕМП високих частот, і особливо надвисоких частот, на живий організм виявляється і за інтенсивності нижче теплових порогів, тобто має місце їх нетепловий вплив, який, як вважають, є результатом ряду мікропроцесів, що відбуваються під дією полів.

Негативний вплив ЕМП викликає оборотні, а також необоротні зміни в організмі: гальмування рефлексів, зниження кров’яного тиску (гіпотонія), уповільнення скорочень серця (брадикардія), зміну складу крові у бік збільшення числа лейкоцитів та зменшення еритроцитів, помутніння кришталика ока (катаракта).

Суб’єктивні критерії негативного впливу ЕМП ⎯ головні болі, підвищена втомлюваність, дратівливість, порушення сну, задишка, погіршення зору, підвищення температури тіла [36].

## 5.3. Заходи зменшення дії факторів, що негативно впливають на навколишнє середовище

Для зменшення впливу ЕМП на персонал та навколишнє середовище, потрібно вжити ряд захисних заходів. До їх числа входять організаційні, інженерно-технічні та лікарсько-профілактичні. Здійснення організаційних та інженерно-технічних заходів покладено передусім на органи санітарного нагляду. Підприємства та установи, які використовують джерела ЕМП, повинні проводити поточний санітарний нагляд за об'єктами, здійснювати організаційно-методичну роботу з підготовки спеціалістів та інженерно-технічний нагляд.

Дуже ефективним є локальний захист, який використовується часто. Він базується на використанні радіозахисних матеріалів, які забезпечують високе поглинання енергії випромінювання у матеріалі та віддзеркалення від його поверхні. Для екранування шляхом віддзеркалення використовують металеві листи та сітки з малою провідністю. Захист приміщень від зовнішніх випромінювань можна здійснити завдяки обклеюванню стін металізованими шпалерами, захисту вікон сітками, металізованими шторами. Опромінення у такому приміщенні зводиться до мінімуму, але віддзеркалене від екранів випромінювання перерозповсюджується в просторі та потрапляє на інші об'єкти.

Існує велика кількість радіопоглинальних матеріалів як однорідного складу,так і композиційних, котрі складаються з різнорідних діелектричних та магнітних речовин. З метою підвищення ефективності поглинача поверхня екрана виготовляється шорсткою, ребристою або у вигляді шипів.

Радіопоглинальні матеріали можуть використовуватись для захисту навколишнього середовища від ЕМП, яке генерується джерелом, що знаходиться в екранованому об'єкті. Крім того, радіопоглиначами для захисту від віддзеркалення личкуються стіни безлунких камер – приміщень, де випробовуються випромінювальні пристрої. Радіопоглинальні матеріали використовуються в кінцевих навантаженнях, еквівалентних системах [32].

## 5.3.1. Життєвий цикл мехатронного модуля і використання природних ресурсів при виробництві

При виробництві мехатронного модуля, відокремлюються наступні етапи:

* добування ресурсів;
* виробництво приладу;
* експлуатація приладу, яка включає систему сервісного обслуговування, ремонту, модернізації, постачання матеріально-технічних ресурсів;
* утилізація пристрою використання мехатронного модуля.

Сучасне виробництво характеризується високим ступенем концентрації, автоматизації та просування в малопідкорені, багаті природними ресурсами регіони, а також зростаючою кількістю використовуваних природних ресурсів як за загальною вагою, так і за кількістю на одну людину. При цьому, пропорційно до використання природних ресурсів збільшується і кількість відходів виробництва, які викидаються в природні комплекси і внаслідок цього змінюються.

Тому єдиним шляхом попередження екологічної загрози для біосфери є екологізація виробництва.

Під екологізацєю суспільного виробництва розуміють комплекс заходів, які охоплюють в собі раціональне використання природних ресурсів на всіх стадіях їх переробки, відтворення та заміну їх іншими видами сировини, різке зменшення відходів та вмісту в них корисних речовин, раціональне розташування виробничих сил та вироблення екологічного мислення у всіх його робітників. Природні ресурси, які людство здавна використовує для своїх потреб, є єдиним джерелом існування людини як індивіда та людського суспільства в цілому.

До природних ресурсів можна віднести і відходи переробних підприємств попередніх років, які накопичені на поверхні Землі у відвалах і містять цінні елементи. Ці елементи та сполуки залишились в них в результаті недосконалості технологій переробки корисних копалин в минулому. По мірі виснаження запасів корисних копалин і вдосконалення технології переробних виробництв, такі відходи можуть бути вихідною сировиною, ресурсами для переробки.

При виробництві пристрою керування мехатронним модулем не здійснюється безпосереднє добування яких-небудь природніх ресурсів, так як дані прилади збираються з уже готових запчастин і елементів. Також, можна відзначити, що добування матеріалів, які використовуються у виробництві частин мехатронного модуля (залізна руда, золото, мідь, пластик) є налагодженим і не несе великої загрози навколишньому природньому середовищу. Окрім раціонального добування і отримання деяких матеріалів з відходів виробництва, також практикується повторне використання деяких матеріалів при виробництві мікросхем, що цілком задовольняє вимоги екологізація виробництва.

## 5.3.2. Утилізація пристрою керування мехатронного модуля

Мехатронні модулі являють собою кілка блоків друкованих плат, що з’єднані між собою.

Тому досить гостро постає питання про утилізацію цього «вмісту» приладу після того, як він виходить з ладу, таким чином, щоб це якомога менше шкодило довкіллю.

*Огляд існуючого положення утилізації.*

До складу утилізованих відходів входять тільки ті плати, що містять дорогоцінні метали. У сучасному розумінні утилізація відходів являє собою відновлення цінних матеріалів шляхом плавлення металевого вмісту, при цьому більшість плат піддаються очищенню на одному з наступних підприємств: Union Menieur (Бельгія), Boliden (Швеція), Noranda (Канада). На території Великобританії відходи електроніки приймаються фірмами Johnson Matthey і Engelhard для переплавлення в плавильних печах. Однак вартість цього процесу така, що в переробку надходять тільки плати з дуже високим вмістом дорогоцінних металів. Плати, що надходять на переплавку, всі без винятку піддаються збагаченню за допомогою подрібнення, а також магнітною та іншою додатковою класифікацією.

В Україні розроблена своя технологія утилізації відходів.

Необхідність забезпечення екологічної безпеки і підвищення економічної ефективності утилізації відходів змусили наших вчених і фахівців здійснити розробку вітчизняної технології високотемпературної (1500-1600°С) утилізації твердих побутових відходів з отриманням піролізного газу і виробленням електроенергії.

Українська технологія високотемпературного піролізу (спалювання без доступу кисню) в даний час найефективніша. Вона характеризується комплексністю використання корисних складових і практично безвідходне виробництво. Одержувані після переплавки екологічно чисті оскловані шлаки можуть використовуватися в дорожньому будівництві, будівельній індустрії для виробництва дорогих, які користуються попитом будівельних матеріалів, в гірничій справі металомісткий продукт приймається металургійними заводами як цінна сировина.

Ця технологія дозволяє переробляти відходи будь калорійності і вологості, одночасно з твердими побутовими відходами можлива переробка деяких видів промвідходів. Високотемпературний піроліз газів з повним розкладанням органічних складових та їх очистка дозволяють виробляти їх подальше допалювання в промислових котлах. Одержувана електроенергія для власних потреб і продажу споживачам в 2 рази дешевше, ніж одержувана традиційними способами [37].

*Повторне використання відходів*

Плати з друкованими схемами мають приблизний склад матеріалів, представлений в табл. 5.1.

Зазвичай при утилізації використовують такі технологічні маршрути:

* повторне використання компонентів шляхом їх демонтажу;
* відновлення матеріалів за допомогою їх механічної переробки, пірометалургії, гідрометалургії або поєднання цих технологій.

Браковані плати, що відправляються в плавильну піч, рідко піддаються будь-якій формі збагачення. Проводиться тільки вибірковий демонтаж, сортування та подрібнення демонтованих плат. Компанії, що займаються утилізацією відходів електроніки, досить часто втрачають приблизно 10% дорогоцінних металів, навіть застосовуючи процеси флотаційного поділу. Втрати при переробці плат, що містять дорогоцінні метали в компонентах, складають приблизно 35%. Відомо, що дорогоцінні метали в основному присутні на виводах компонентів і на контактних майданчиках плат.

Таблиця 5.1

Приблизний склад матеріалів друкованих плат

|  |  |
| --- | --- |
| Матеріал | % |
| Склополімер | 70 |
| Мідь | 16 |
| Припій | 6 |
| Залізо, ферит (від осердь трансформаторів) | 3 |
| Нікель | 2 |
| Срібло | 0,05 |
| Золото | 0,03 |
| Паладій | 0,01 |
| Інші (вісмут, сурма, тантал і т.д.) | <0,01 |

Існують спеціальні ринки, де продаються демонтовані та відновлені компоненти плат. Вони надходять на ринок з виробництв, де використовують робототехнічні системи, що забезпечують можливість ідентифікації та демонтажу тільки тих компонентів, яких бракує на складі. Однак доводиться рахуватися з тим, що швидке оновлення елементної бази і відносно низька вартість нових компонентів приведуть до серйозного обмеження повторного використання демонтованих компонентів невизначеної давності.

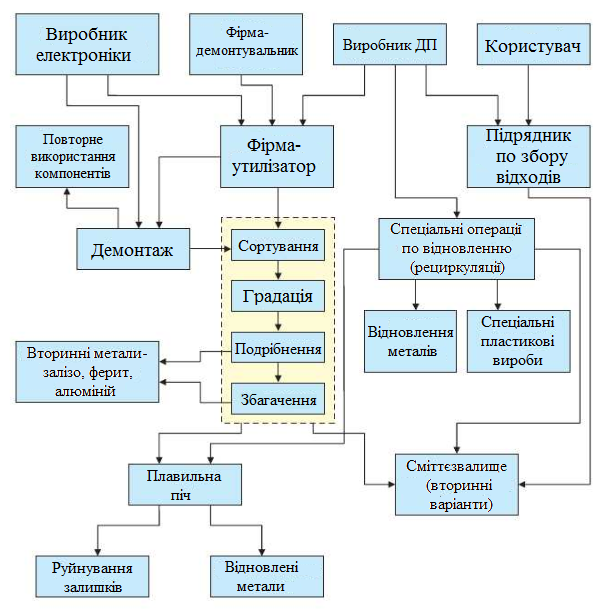


Рис 5.1. Послідовність переробки відходів друкованих плат

Піролітична обробка зазвичай включає спалювання і плавлення розмільченої сировини при температурі приблизно 1200°С. Для цього потрібна невелика кількість мазуту, так як більша частина енергії забезпечується за рахунок згорання органічних компонентів. При цій температурі згоряють органічні складові відходів, а дими, що утворюються, скеровуються в камеру допалювання, де вони втрачають свою токсичність при температурі 1400°С. Конгломерат, який лишається після спалювання називається «чорним металом». Він, як правило, являє собою продукт, багатий міддю. Подальше електролітичне очищення та хімічна обробка анодного осаду відділяє мідь і інші компоненти від дорогоцінних металів.

Нові технології дозволяють не спалювати, а переробляти порожні плати у вироби (Рис. 5.1).

Наприклад, фірма FUBA (Німеччина) перевела на комерційну основу виділення від 92% до 95% металів з відходів порожніх друкованих плат за рахунок використання механічних і гідрометалургійних методів поділу. Вони включають подрібнення, гранулювання, магнітне розділення, класифікацію та електростатичний поділ. Сукупність композицій, одержуваних від цієї обробки, знайшла своє застосування у виготовленні виробів, які мають у своєму складі велику кількість скловолокна, а також в якості наповнювачів у виробництві будівельних матеріалів. Особливо успішним виявилося застосування склополімерних композицій для виробництва ємностей і піддонів, стійких до хімічної дії, за технологією, розробленою фірмою FUBA. Металеві складові відходів друкованих плат (в основному мідь) розчиняються в таких вилужувачах, як сірчана і азотна кислоти, з подальшим електролітичним відновленням міді.

Браковані друковані плати зазвичай сортують за трьома категоріями, які відображають кількість уміщених в них дорогоцінних металів. Це наступні категорії:

* H - відходи з високим вмістом дорогоцінних металів;
* M - відходи з середнім вмістом дорогоцінних металів;
* L - відходи з низьким вмістом дорогоцінних металів.

До категорії з низьким вмістом дорогоцінних металів відносяться телевізійні плати та блоки живлення, важкі трансформатори з феритовими осердями і великі алюмінієві тепловідводи; обрізки ламінату теж вважаються матеріалом з низьким вмістом дорогоцінних металів.

До відходів середньої категорії відноситься високонадійне обладнання з вмістом дорогоцінних металів в роз'ємах з невеликою кількістю встановлених компонентів, таких як алюмінієві конденсатори і т. п.

До матеріалів високої категорії відходів належать дискретні компоненти; інтегральні схеми, що містять золото; пристрої оптоелектроніки; плати з вмістом дорогоцінних металів; плати з позолоченими і паладованими контактами та ін.

Ця класифікація по суті відображає властивий відходам вміст дорогоцінних металів, але навіть відходи низької категорії мають невеликий вміст дорогоцінних металів. Існує можливість переводу таких матеріалів з низькою категорії в середню шляхом вибіркового ручного демонтажу компонентів, що зовсім не містять ніяких дорогоцінних металів.

Необхідно відзначити, що браковані плати з компонентами здебільшого вивозяться в Китай для повторного використання. В даний час в Європі тонна відходів електроніки коштує від 1000 до 5000 євро залежно від їх категорії. Нещодавно країни Європейського Союзу підписали Базельську конвенцію, яка накладає сувору заборону на експорт усіх небезпечних відходів з економічно розвинених країн в бідні країни з будь-яким мотивом, включаючи рециркуляцію. Однак відходи плат не потрапляють під визначення небезпечних відходів, якщо в них міститься не більше 3% свинцю. Якщо допустити, що інші особливо небезпечні елементи, такі як ртуть і кадмій, відсутні, то рівень свинцю у відходах друкованих плат з друкованими схемами зазвичай становить близько 2%. Тому вважається, що більша частина відходів плат виходить за рамки обмежень, встановлених Базельською конвенцією. Тим не менш Базельська конвенція закликає всі країни знизити рівень вивозу відходів до мінімуму і вирішувати проблеми своїх відходів в межах національних кордонів настільки, наскільки це можливо.

Відходи ДП відрізняються значною різнорідністю і досить великою різноманітністю складу, хоча рівень різнорідності відходів плат з компонентами трохи вище. Матеріали ДП відрізняються особливою різноманітністю, при цьому кількість дорогоцінних металів, присутніх в осаджених покриттях різної товщини, з'єднаних з міддю, припоями, сплавами різного складу, з кольорових і чорних металів, є відносно невеликою. Крім властивих бракованим ДП неоднорідності і різноманітності складу, є також багато відмінностей у фізичних і хімічних властивостях великої кількості матеріалів та компонентів, присутніх в них. Тому загальний підхід до утилізації цих матеріалів, при якому всі вони поділяються на окремі фракції, неможливий [38].

## Висновки до розділу 4

У даному розділі був розглянутий вплив експлуатації пристрою керування мехатронним модулем на навколишнє природне середовище. Були розглянуті особливості використання природніх ресурсів і утилізації, при повноцінному життєвому циклі пристрою керування мехатронним модулем. Було розглянуто способи захисту від негативного впливу пристрою керування мехатронним модулем на навколишнє природне середовище.

У разі виконання розглянутих заходів буде забезпечена охорона навколишнього природнього середовища.

# ВИСНОВКИ

В результаті виконання даної роботи, було розроблено комп’ютерну систему керування мехатронним модулем. А саме:

1. Провели аналіз існуючих допоміжних засобів та інструментарію, внаслідок чого було обрано область застосування мехатронного модуля.
2. Провели аналіз можливостей застосування(використання) мехатронних модулів в якості допоміжного медичного інструментарію, внаслідок чого було виявлено актуальність застосування розробленого пристрою в малоінвазивній хірургії.
3. Визначили характеристики розроблюваної мехатронної системи, що дало змогу обрати систему управління модуля мехатроніки
4. Обрали систему керування для мехатронного модуля, внаслідок чого було проведено розрахунок та вибір елементів.
5. Розроблена структурна схема та алгоритм керування мехатронним модулем, внаслідок чого було розроблено програмне забезпечення для керування мехатронним модулем.
6. Розроблено програмне забезпечення для пристрою керування мехатронного модуля .

Розроблена система керування мехатронним модулем є розімкненою і виконує управління за допомогою жорстко заданої програми, але вона може бути удосконалена в адаптивну чи систему штучного інтелекту.

# ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Зенкевич С. Л., Ющенко А. С. Основы управления манипуляционнымироботами. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана– 2004. – 480 с.
2. Юревич Е.И. Управление роботами и робототехническими системами.СПб. – 2001. – 168 с.
3. Шахинпур М. Курс робототехники. М.: Мир– 1990. – 527 с.
4. Бурдаков С.Ф., Дьяченко В.А., Тимофеев А.Н. Проектирование манипуляторов, промышленных роботов и роботизированных комплексов.Учебное пособие.-М.: Высш.школа, 1986.-264 с.
5. Юревич Е.И. Основы робототехники. 2-е изд. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. С. 7-207.
6. Черноусько Ф.Л., Болотник Н.Н., Градецкий В.Г. Манипуляционныероботы: динамика, управление, оптимизация. М.: Наука,1989. – 368 с.
7. Механика промышленных роботов / под ред. К. В. Фролова, Е. И. Воробьева. Том 1. Кинематика и динамика. - М.: Высшая школа, 1988. -304
8. К. Фу, Р. Гонсалес, К. Ли. Робототехника. – Москва: Мир, 1989. 624 с.
9. L.Tsai and A.Morgan, "Solving the Kinematics of the Most General Six- and Five-degree-of-freedom Manipulators by Continuation Methods", Paper 84-DET-20, ASME Mechanism Conference, Boston, October 7-10, 1984.
10. Пол Р. Моделирование, планирование траекторий и управление движением робота-манипулятора. М.: Наука, 1976. – 104 с.
11. Попов Е. П., Верещагин А. Ф., Зенкевич С. Л. Манипуляционные роботы. Динамика и алгоритмы. – М.: Наука, 1978. - 398 с
12. Craig J.J. Introduction to robotics:Mechanics and control. 3rd ed. Reading, MA: Addison – Wesley, 1986. P-19-256.Кондратьєв В.М., Нікітін Е.Е., 1981. Хімічні процеси в газах. М.: Наука.
13. Гальперин М.В.и др. Транзисторные усилители постоянного тока. М., «Энергия», 1972.-272с.
14. Бочаров Л..Н. и др. Расчет электронных устройств на транзисторах/ Бочаров Л.Н., Жебряков С.К., Колесников И.Ф., - М.: Энергия, 1978.- 208с.
15. Расчет электронных схем. Примеры и задачи: Учеб. Пособие для вузов по спец. электрон. техн. / Г.И. Изьюрова, Г.В. Королев, В.А. Терехов и др. – М.: Высш. шк. 1987.-335с.
16. Терещук Р.В. и др. Полупроводниковые приемно-усилительные устройства: Справ. Радиолюбителя/ Р.В. Терещук, К.М. Терещук, С.А. Седов. – 4-е изд. Стер. –Киев: Наук. думка, 1989.-800с.
17. Артамонов Б.И., Бокуняев А.А. Источники электропитания: Учебник для техникумов. – М.: Энергоиздат,1982.-296с.
18. Малинина Р.М. и др. Справочник начинающего радиолюбителя: / А.И. Берг, Ф.И. Бурдейный, В.А. Бурлянд, В.И. Ванеев, Е.Н. Геништа, И.П. Жеребцов, А.М. Корольков, Э.Т. Кренкель, А.А. Куликовский, А.Д. Смирнов, Ф.И. Тарасов, Б.И. Шамшур. М.-Л., изд-во «Энергия», 1965,- 656с.
19. Гершунский Б.С. Справочник по расчету электронных схем. –Киев: Вища школа, Изд-во при Киев. Ун-те, 1983. -240сю
20. Гук М. Аппаратные интерфейсы ПК – М.:Питер,2002.
21. К. А. Золоторев. Исследование динамики программного движения электроприводов двухзвенного манипулятора с упругими связями. СПбГПУ, СПб,2014.
22. Описание пакета MatLab // Официальный сайт «matlab.ru». [Електронний ресурс] – Режим доступу : http://matlab.ru/products/matlab(дата обращения 12.03.2017).
23. Черноусько Ф.Л., Болотник Н.Н., Градецкий В.Г. Манипуляционныероботы: динамика, управление, оптимизация. М.: Наука,1989. – 368 с.
24. Н.В. Блажко, В.А. Буканин, О.В. Демидович, А.И.Иванов, А.И. Маловский, В.Н. Павлов, А.О. Трусов Вопросы обеспечения безопасности в выпускных квалификационных работах: учеб.пособие. СПб.: Изд-ва СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2014. 80с.
25. Шахинпур М. Курс робототехники: Пер. с англ. – М.; Мир, 1990.
26. Попов Е.П., Письменный Г.В. Основы робототехники: Введение в специальность: Учеб. для вузов по спец. “Роботехнические системы икомплексы” – М.: Высш. шк., 1990. – 224 с., ил.
27. Кочтюк В.И., Гавриш А.П., Карлов А.Г. Промышленные роботы:
28. Конструирование, управление, эксплуатация: Висшая школа. Главное издательство, 1985.
29. Фу К., Гансалес Ф., Лик К. Робототехника: Перевод с англ. – М. Мир;1989. – 624., ил.
30. Бабич А.В., Баранов А.Г, Калабин И.В. и др. Промышленная робототехника: Под редакцией Шифрина Я.А. – М.: Машиностроение, 1982 –415 с., ил.
31. Шахинпур М. Курс робототехники: Пер. с англ. – М.; Мир, 1990. 527 с., эксплуатация: Вища. шк. Головне издательство, 1985.
32. Захист від електромагнітних випромінювань [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://buklib.net/component/option,com\_jbook/task,view/Itemid,99999999/catid,177/id,7442/.
33. Закон України. Про пожежну безпеку, № 3745-XII від 17.12.1993 р. [Електронний ресурс] : [редакція станом на 01.01.2013]. – Режим доступу : <http://zakon1.rada.gov.ua/>.
34. Правила з техніки безпеки при експлуатації виробів медичної техніки в установах охорони здоров’я. Загальні вимоги. Від 28.08.1984 р. НПАОП № 85.11-1.13-59. [Електронний ресурс] – Режим доступу : <http://document.ua/pravila-tehniki-bezopasnosti-pri-yekspluatacii-izdelii-medic-nor4821.html>.
35. Закон України. Про охорону навколишнього природного середовища, № 1264-XII від 25.06.1991 р. [Електронний ресурс] : [редакція станом на 18.11.2012]. – Режим доступу : <http://zakon1.rada.gov.ua/>.
36. Красногорская Н.В. Электромагнитные поля в биосфере. Биологическое действие электромагнитных полей [Текст] / Н.В. Красногорская. – М. : Наука, 1984. – 329 с.
37. Новые технологии утилизации отходов [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://proxima.com.ua/articles/articles.php>
38. Утилизация продуктов производства электроники [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://kit-e.ru/articles/device/2008\_10\_153.php.