

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Факультет інформатики та обчислювальної техніки

Кафедра технічної кібернетики

«На правах рукопису»
УДК 621.865.8

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри
_____ І.Р. Пархомей
(підпис)

“ 12 ” _____ грудня _____ 2018 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології»

на тему: «Модуль керування антропоморфним захватом промислового робота»

Виконав (-ла): студент (-ка) другого курсу, групи ІК-71мп
(шифр групи)

_____ Палій Богдан Миколайович _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Науковий керівник _____ к. т. н., доцент Поліщук М. М. _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Консультант _____

(назва розділу)

_____ (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент _____ директор ПрАТ «УкрНДІінжпроект» Поталап О.І. _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2018 року

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет інформатики та обчислювальної техніки

Кафедра технічної кібернетики

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність 126 «Інформаційні системи та технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
І.Р. Пархомей
(підпис)

« 31 » жовтня 2017 р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту**

Палію Богдану Миколайовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації «Модуль керування антропоморфним захватом промислового робота»

науковий керівник дисертації к.т.н., доцент Поліщук М.М.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «07» листопада 2018 р. № 4112-с

2. Термін подання студентом дисертації «12» грудня 2018 р.

3. Об'єкт дослідження – антропоморфний захват промислового робота.

4. Предмет дослідження – процес керування антропоморфним захватом промислового робота.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити – огляд типів та конструкцій антропоморфного захвату; аналіз публікацій; опис устрою та роботи антропоморфного захвату; математичні аспекти антропоморфних захватів; розробити функціональну схему та механізми управління антропоморфним захватом; дослідити принцип програмного управління антропоморфним захватом; виконати програмну реалізацію управління.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу – шість плакатів

7. Орієнтовний перелік публікацій – дві публікації

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

9. Дата видачі завдання _____ «31» жовтня 2017р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Глава 1. Огляд та опис типів та конструкцій	30.01.2018 р.	
2	Глава 2. Опис класифікації	28.05.2018 р.	
3	Глава 3. Розробка алгоритмічного та програмного забезпечення .	30.09.2018 р.	
4	Апробація, оформлення та підготовка до захисту роботи.	25.11.2018 р.	

Студент

_____ (підпис)

Палій Б.М.
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

_____ (підпис)

Поліщук М.М.
(ініціали, прізвище)

АНОТАЦІЯ

У дисертації розглянуто проблему в робототехніці з антропоморфним захватом промислового робота, показано основні особливості існуючих маніпуляторів, їх переваги та недоліки.

Розроблено комплексне рішення реалізації модулю керування антропоморфним захватом промислового робота, котрий забезпечує рух кожного пальця кисті робота в 3D просторі в ангулярній системі координат. Дана система може бути використана в промисловій робототехніці. Дозволяє розширити технологічні можливості антропоморфного захвату.

Ключові слова: робототехніка, антропоморфний захват, промисловий робот, мікроконтролерне управління.

Розмір пояснювальної записки – 167 аркушів, містить 35 ілюстрацій, 24 таблиць, 10 додатків.

ABSTRACT

Examines the problem of anthropomorphic capture of an industrial robot in robotics, shows the main features of existing manipulators, their advantages and disadvantages.

Developed a comprehensive solution to the implementation of the control module of the anthropomorphic capture of the industrial robot, which ensures the movement of each finger of the robot brush in 3D space in the angular coordinate system. This system can be used in industrial robotics. It allows to expand technological possibilities of anthropomorphic capture.

Keywords: robotics, anthropomorphic grip, industrial robot, microcontroller control.

Explanatory note size – 167 pages, contains 35 illustrations, 24 tables, 10 applications.

Пояснювальна записка
до магістерської дисертації

на тему: «Модуль керування антропоморфним захватом промислового
робота»

Київ – 2018 року

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	9
ВСТУП.....	10
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ТИПІВ ТА КОНСТРУКЦІЙ АНТРОПОМОРФНИХ ЗАХВАТІВ ПРОМИСЛОВОГО РОБОТУ	13
1.1 Промисловий робот: поняття, сутність	13
1.2 Антропоморфний захват промислового роботу	24
1.3 Аналіз публікацій за темою магістерської роботи.....	26
Висновки до розділу та постановка задач дослідження.....	33
РОЗДІЛ 2. ОПИС УСТРОЮ ТА РОБОТИ АНТРОПОМОРФНОГО ЗАХВАТУ	37
2.1 Математичні аспекти антропоморфних захватів промислового роботу	37
2.2 Функціональна схема та механізми управління антропоморфним захватом промислового робота	47
Висновки до розділу.....	55
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА АЛГОРИТМІЧНОГО ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	58
3.1 Принцип програмного управління антропоморфним захватом промислового робота.....	58
3.2 Програмна реалізація управління	72
Висновки до розділу.....	87
РОЗДІЛ 4. МАРКЕТИНГОВИЙ АНАЛІЗ СТАРТАП-ПРОЕКТУ	90
4.1 Опис ідеї проекту.....	90
4.2 Технологічний аудит ідеї проекту	92
4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап проекту.....	92
4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту	100
4.5 Розроблення маркетингової програми.....	103
ВИСНОВКИ.....	103
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	110
ДОДАТКИ.....	118
ДОДАТОК А. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ	119

ДОДАТОК Б. ЛІСТИНГ КОДУ	123
ДОДАТОК В. ПРИНЦИПОВА СХЕМА МОДУЛЮ КЕРУВАННЯ	134
ДОДАТОК Г. ЕЛЕКТРИЧНА СХЕМА МОДУЛЮ КЕРУВАННЯ	136
ДОДАТОК Д. СТРУКТУРНА СХЕМА РОБОТИ ПРОГРАМИ КЕРУВАННЯ ПРОМИСЛОВИМ РОБОТОМ.....	138
ДОДАТОК Е. СТРУКТУРНА СХЕМА МЕТОДИКИ ПОБУДОВИ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ РОБОЧОЇ ЗОНИ ПРОМИСЛОВОГО РОБОТА	140
ДОДАТОК Ж. ФРЕЙМОВА МОДЕЛЬ АТРИБУТІВ АГЕНТА-АКТОРА	142
ДОДАТОК И. СТРУКТУРА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	144
ДОДАТОК К. СТАТТЯ «АНТРОПОМОРФНИЙ ПНЕВМАТИЧНИЙ ЗАХВАТ З МОЖЛИВІСТЮ 3D РУХУ ПАЛЬЦІВ» - «НАУКОВІ НОТАТКИ» №63	146
ДОДАТОК Л. СТАТТЯ «УПРАВЛІННЯ ПНЕВМАТИЧНИМ ПРОМИСЛОВИМ ЗАХВАТОМ» - «КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ: ОСВІТА, НАУКА, ВИРОБНИЦТВО» №32	158

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АМЗ	антропоморфний захват
ОС	операційна система
ПД	програмний додаток
ПК	персональний комп'ютер
ПР	промисловий робот
СТЗ	системи технічного зору
ЧПУ	числове програмне управління

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. В даний час активно ведуться розробки в області антропоморфної робототехніки. Антропоморфна робототехніка – це перспективний напрям досліджень, що вивчає методи побудови людиноподібних роботів і їх управління. Згідно з останніми дослідженнями [4, 6, 9], варто відзначити, що роботи повинні бути універсальними – це стосується і використовуваних платформ, та їх функціональних можливостей. Створення вузькоспеціалізованих роботів неефективно. Антропоморфні (людиноподібні) роботи є найбільш універсальними, оскільки можуть замінити людину та працювати різним інструментом: слюсарним, будівельним, хірургічним і т. д. Такий робот може виконувати завдання з розмінування місцевості, надання медичної допомоги, пошуку предметів і т. д.

Крім того, напрям антропоморфної робототехніки є наукомістким, у наслідок високої складності як конструкцій роботів, так і систем управління цими конструкціями. Важливим є безпека роботи антропоморфних роботів, оскільки їх використання передбачає взаємодію робота і людини, також слід врахувати, що на відміну від маніпуляторів, антропоморфні роботи працюють в середовищі спочатку призначеному для людини, тому актуальність теми даної дипломної роботи не викликає сумнівів. В даній роботі розглянуті особливості взаємодії робота з середовищем і методи реалізації управління антропоморфними роботами з урахуванням цих особливостей.

Мета та завдання дослідження. Метою даної дисертації виступає розробка модулю керування антропоморфним захватом промислового робота. Для досягнення поставленої мети у дисертації необхідно виконати низку завдань:

- здійснити огляд типів та конструкцій антропоморфного захвату промислових роботів;
- провести аналіз публікацій за темою магістерської дисертації;
- виконати постановку завдання дослідження;

- навести опис устрою та роботи антропоморфного захвату промислових роботів;
- виділити математичні аспекти антропоморфних захватів промислового роботу;
- розробити функціональну схему та механізми управління антропоморфним захватом промислового робота;
- дослідити принцип програмного управління антропоморфним захватом промислового робота;
- виконати програмну реалізацію управління;
- розробити стартап проекту.

Об'єкт та предмет дослідження. Об'єктом дисертації виступає антропоморфний захват промислового робота.

Предметом є процес керування антропоморфним захватом промислового робота.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених завдань використовувалися як загальнонаукові, так і спеціальні методи наукового пізнання. Системний аналіз, дедуктивний та індуктивний методи використовувалися при визначенні суті понять «антропоморфний захват», «промисловий робот».

Наукова новизна отриманих результатів.

- запропоновано комплексне рішення реалізації модулю керування антропоморфним захватом промислового робота;
- наведено модель модулю керування антропоморфним захватом промислового робота.

Практичне значення отриманих результатів. Результати дисертації можуть бути використані при розробці, встановленні та налаштуванні модулю керування антропоморфним захватом промислового робота.

Достовірність дослідження. При реалізації дисертації було вивчено значне число літературних джерел, посібників і статей, що охоплюють обрану тематику. Повний їх список представлений в кінці проекту.

Структура магістерської дисертації. Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, що включають в себе 12 підрозділів, висновків, літератури з 55 найменувань, 10 додатків, загальний обсяг роботи 167 сторінок.

Робота виконувалась згідно планом та програмою 01117U004912 від 16.03.2017р. «Синтез технологічних робіт довільної орієнтації» на кафедрі технічної кібернетики Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» у 2017-2018 роках.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ТИПІВ ТА КОНСТРУКЦІЙ АНТРОПОМОРФНИХ ЗАХВАТІВ ПРОМИСЛОВОГО РОБОТУ

1.1 Промисловий робот: поняття, сутність

Загальне уявлення щодо «роботів» склалося ще в глибоку давнину, що видно з безлічі міфів і легенд. Саме ж поняття «робот» вперше згадується в п'єсі Карела Чапека «Россумские Универсальные Роботы» (Р. У. Р) у 1920 році. Р. У. Р. призначався для виконання рутинної праці замість людей. Після цього поняття «робот» все частіше згадувалося у науковофантастичних романах і до кінця першої половини 20 століття вже остаточно «прижилося». Тому у підсвідомості кожної людини був якийсь образ, який асоціювався з терміном «робот» і «робототехніка».

Робототехніка, як наука, з'явилася у другій половині 20 століття, коли в ході розвитку виробництва виникла потреба у маніпуляційних машинах-автоматах, здатних виконувати небезпечні і важкі операції під управлінням людини. Наприклад, в атомних реакторах для обслуговування контрольно-вимірювальної апаратури або для проведення технологічних операцій при високій радіації були розроблені спеціальні маніпулятори, керовані людиною-оператором, яка знаходилася у спеціальному захищеному місці. Маніпуляторами називаються пристрої, здатні на відстані відтворювати функції людської руки.

Також для робототехніки, на той момент, були створені науково-технічні передумови:

- комп'ютеризація виробництва;
- автоматизація технологічних процесів;
- величезний досвід у використанні верстатів з числовим програмним управлінням (ЧПУ).

Як наука, робототехніка зачіпає багато предметних областей (рисунок 1.1).

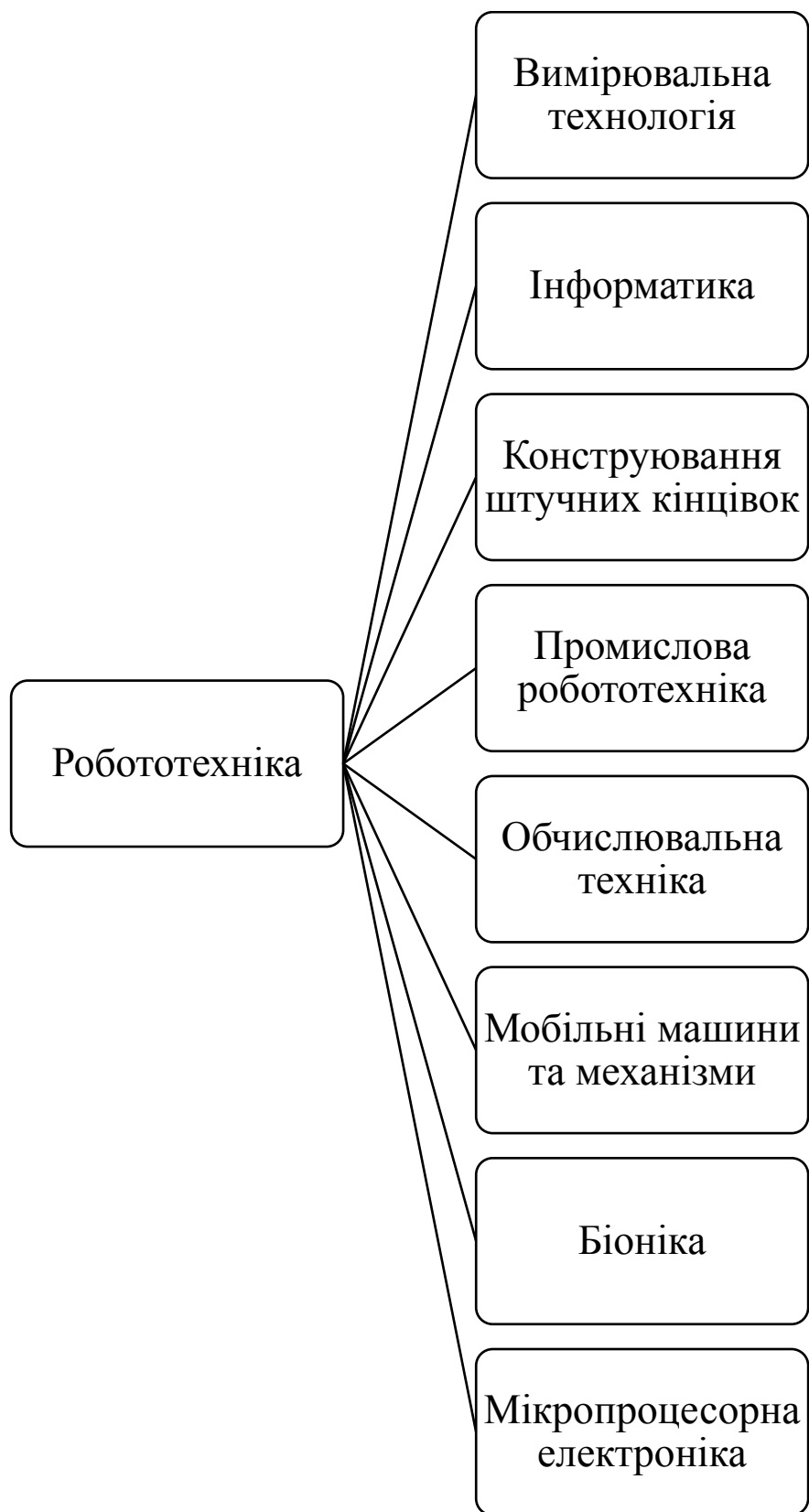


Рисунок 1.1 – Предметна область робототехніки

Вимірювальна технологія зачіпає такі важливі напрями, як:

- Створення систем технічного зору (СТЗ), які дозволяють бачити, впізнавати, аналізувати світ, який є навколишнім для робота.
- Створення датчиків, для обчислення координат у тривимірному просторі, що дозволяють вимірювати відстані до предметів.
- Розробка алгоритмів аналізу навколишнього світу.
- Створення систем, що дають можливість вести мовне спілкування з роботом.
- Сприйняття руки робота, за рахунок оснащення її різними сенсорами дотику та ін.

Штучний інтелект займається вивченням методів функціональної імітації людського розуму, за допомогою створення таких технічних систем, які здатні до самостійного аналізу, навчання і самонавчання.

Конструювання штучних кінцівок вивчає методи створення гнучких, малогабаритних і легких конструкцій, здатних виконувати різні функції із заданою для них точністю і посиленням. Ця галузь включає в себе також протезування, біоніку, мобільні машини і механізми.

Промислова робототехніка займається створенням і впровадженням роботів і робототехнічних систем у виробничі процеси. Має найшвидші темпи розвитку, за рахунок своєї практичної важливості, так як є невід'ємною частиною автоматизації.

Стрімкі темпи розвитку робототехніки і всіх її складових дисциплін, а також успіхи, досягнуті в цій області, вносять поправки і зміни в уявлення про роботів. З цього випливає, що разом з розвитком робототехніки, модифікується і розширюється поняття робот. Слід зауважити, що поняття робототехніки майже не змінюється і не зазнає змін.

Робототехніка – це область науки і техніки, пов'язана з вивченням, створенням і використанням принципово нового технічного засобу комплексної автоматизації виробничих процесів – робототехнічних систем.

Від молекулярних машин до великомасштабних систем, від космічного простору до глибоководного експлуатації, роботи стали повсюдними, а їхні відносини та суспільство зросли в прискорювальні темпи. Науково-дослідна робота була запущена для охоплення найважливіших досягнень у дизайні, теорії та застосуванні роботів.

Для того щоб продемонструвати всю складність формулювання універсальних понять «робот» і «робототехнічна система» наведемо, на погляд автора, найбільш вдалі формулювання цих понять і спробуємо дати своє визначення.

Визначення з Великої Енциклопедії:

Робот – це машина з антропоморфною (людиноподібною) поведінкою, яка частково або повністю виконує функції людини (іноді тварини) при взаємодії з навколишнім світом.

Робот – машина-автомат, моделююча властивості і функції живих організмів і, зокрема, імітує дії людини при переміщенні в просторі знарядь і об'єктів праці.

Визначення зі словника з природничих наук:

Робот – електромеханічний пристрій, здатний до доцільної поведінки в умовах мінливої зовнішньої обстановки, здійснює робочі операції зі складними просторовими переміщеннями.

Наступне визначення робота дає нам Вікіпедія:

Робот – електромеханічний, пневматичний, гідравлічний пристрій або їх комбінація, призначений для заміни людини в промисловості, небезпечних середовищах та ін.

Професор М. Шпрінгер з університету Королеви Мері (Queen Mary), говорив про те, що робот – це пристрій, що володіє наступним мінімальним набором властивостей і можливостей:

- наявність механічної руки та захоплення;
- вміння самостійного пересування;
- наявність виконавчої системи і системи управління;

- наявність комп'ютера, мозку як системи;
- наявність сенсорних пристроїв [5].

Поняття «робота» досить широко і з допомогою одного визначення охопити все «сімейство» даних пристроїв дуже складно. Але є загальна риса, яка об'єднує всі пристрої даного типу – це імітація дій людини при виконанні роботи. Ця риса дозволяє відокремлювати пристрої, які не є роботами. Наявність же у роботів «мозку», сенсорних пристроїв та інших компонентів визначають функціонал робота, але ніяк не впливають на ставлення пристрою до групи роботів.

Відмінність поняття робота від робототехнічної системи полягає в тому, що робот є фізично єдиним механізмом, сполученим в один корпус, а робототехнічна система фізично не знаходиться в одному корпусі, але управління її здійснюється від головного мозку». Можна дати наступне поняття робототехнічної системи – це технічна система, в якій перетворення і зв'язок енергії, маси та інформації відображені з використанням роботів [13].

Сьогодні на промислових підприємствах вкрай затребувані автоматизовані системи, актуальні інноваційні рішення, які допомагають налагодити ефективну виробничу роботу і в той же час мінімізувати негативний вплив на працівників.

Все це сприяло впровадженню на підприємства промислових роботів, що відрізняються своєю високою продуктивністю, не потребують час на відпочинок, виключають зі своєї роботи помилки.

Для того, щоб оцінити поточний стан справ у сфері робототехніки, скористаємося даними Міжнародної федерації робототехніки. Згідно з прогнозами, у 2019 році планується продати близько 250 000 промислових роботів. При цьому країни Азії закуповують найбільшу їх частину (64%), потім йде Європа, на яку припадає близько 20% обсягу закупівель, і США, чия частка становить близько 16%. (Рис. 1.2).

Розглядаючи статистику застосування роботів по галузях, найбільшою популярністю користується автомобілебудування, в якому лідируючу позицію за роботизації галузі займає Японія, слідом за нею йдуть Італія, Німеччина і США.

Найбільш затребуваними з точки зору застосування роботів у виробництві роботами є перенесення вантажів (40%), зварювальні роботи (28%), робота в чистих приміщеннях (14%).

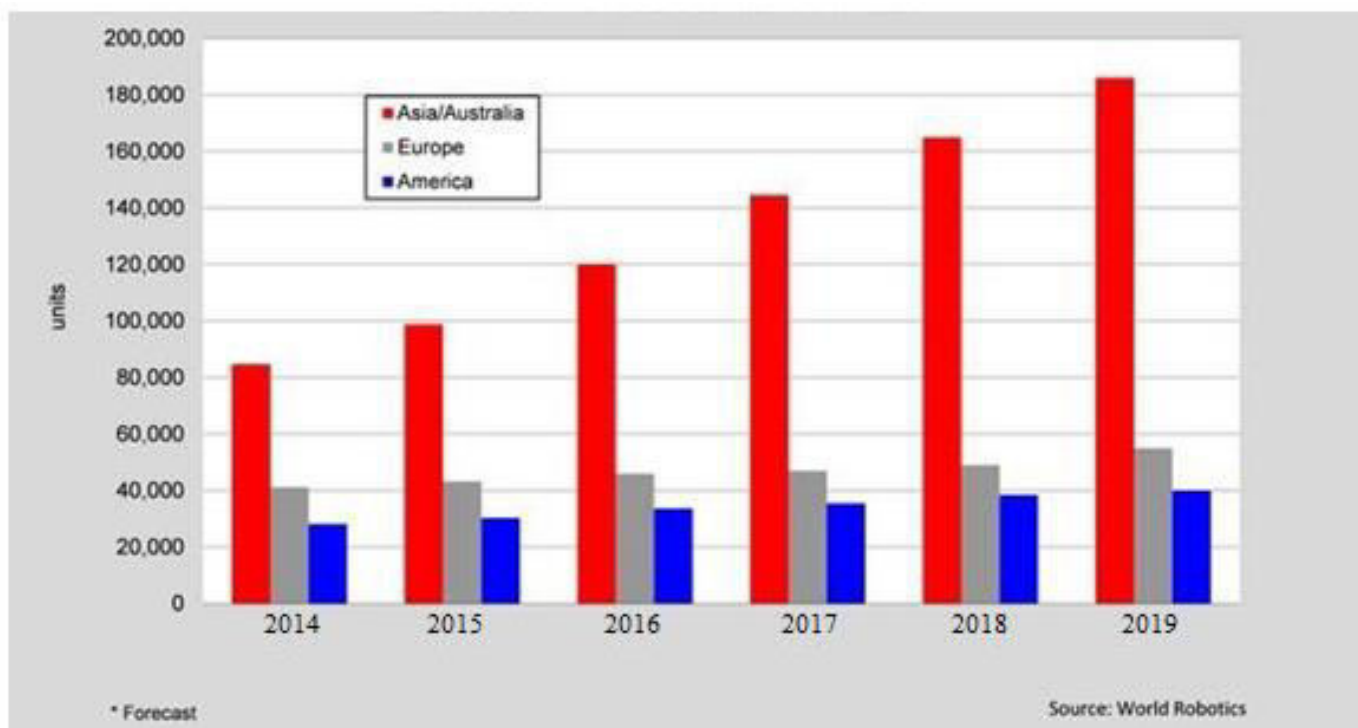


Рисунок 1.2 – Щорічні продажі промислових роботів у світі

Виходячи із спостережень збільшення продажів у сфері робототехніки, можна стверджувати про розширення сфери її вживання. Розвиток виробництва мотивує виробників удосконалювати технічні особливості продукції, переходити на нові, більш легкі і в той же час довгострокові матеріали, застосовувати передові технології в розробках. Саме такими особливостями володіють роботи – відносна простота в експлуатації, можливість виконувати монотонні операції, різнопланову роботу. Вони відрізняються високою стабільністю, не потребують навчання. Однією з головних особливостей є те, що при необхідності роботизовану техніку можна налаштувати для виконання іншої роботи, змінивши його параметри [1, с. 63].

Однією з головних галузей застосування роботів є авіабудування. Роботи відмінно підходять для таких повторюваних складальних операцій, як клепка,

свердління, зварювання та викладка композитних матеріалів. Так само роботи беруть участь в автоматизації процесів підготовки поверхонь, фасонного фрезерування, фарбування, нанесення покриттів та неруйнівного контролю.

Компанія Spirit AeroSystems Inc. застосовує роботів у деяких виробничих процесах, таких як виготовлення фюзеляжу Boeing 787, Boeing 737, Cessna Columbus, пілонів і конструктивних елементів крил, функція реверсу тяги, салону і кабіни Sikorsky CH-53K [8].

У сучасному світі промисловий робот являє собою механізм зразок людської руки – стандартний антропоморфний робот-маніпулятор [2]. Саме цей вид роботів користується найбільшою популярністю серед замовників. Будь який маніпулятор промислового робота являє собою універсальний пристрій, як правило, має декілька осей рухливості і фланець для установки інструменту. Найбільш поширеними є «дистанційно керовані механічні руки», які закріплені на нерухомій або рухомій підставі. (Рис. 1.3,а)

Однак специфіка різних застосувань промислових роботів примушує виробників розробляти спеціалізовані роботи під конкретні завдання. Наприклад, для таких операцій, як укладання матеріалів на піддони і транспортери, використовуються спеціальні роботи-укладальники. До переваг такого робота можна віднести простоту кінематики, за рахунок чого можлива одна система управління для зразу декількох роботів, відносно компактні розміри, високу швидкість і енергоекономічність. З іншого боку, маючи 4 керовані осі, такі роботи можуть переорієнтувати переносимий вантаж всього у 4 горизонтальних площинах. Дану модель на сьогоднішній момент можна побачити у продажу у таких компаній, як: KUKA, Columbia Machine, Möllers North America, Ouellette Machinery Systems, American-Newlong, Frain Industries та ін [7].

Ще одна широка область застосування роботів – електродугове зварювання. Згідно з дослідженнями щодо використання промислових роботів у виробництві, у зварювальних роботах задіяно майже 20% всіх промислових роботів, половина з яких застосовуються в США.

За рахунок застосування аргонно-дугової (TIG, MIG, MAG) або точкової зварки (RWS) з використанням промислового робота-зварювальника робота стає ефективніше, якісніше і швидше.

На сьогоднішній день популярна роботизація процесу лазерного зварювання (LBW). Її перевагою є те, що при невеликому впливі на виріб можливе фокусування лазера на точці зі варіюванням від 0,2 мм, що забезпечує якісне зварювання.

Дистанційність зварювання і збільшення діапазонів використання зварювального процесу досягаються за рахунок довжини фокусування, яка складає до 2 метрів. Метод автоматизації зварювального процесу застосовується в таких галузях, як авіабудування, автомобілебудування, приладобудування, медицини і т. д.

Роботи-зварювальники дозволяють економити виробничий час у кілька разів. Це досягається за рахунок модернізації зварювальної оснастки, що забезпечує швидкий цикл збірки конструкції.

Також велике значення має багатифункціональність таких роботів. Наприклад, можна зробити зварювання за допомогою зміни пальника або режимів зварювання без переустановлення деталі. (Рис. 1.3,б)

Існують також роботи для фарбування і напилення. Їх конструкція передбачає наявність порожнього компактного герметичного полого зап'ястя, форма якого дозволяє надіти на нього чохол для захисту робота від зовнішніх забруднювачів. У цього зап'ястя наскрізний канал для того прямого доступу до розпилювача форсунки. Виробники роботів цієї моделі – фірми Yaskawa, Kawasaki, Swamiali Automation, Gridbots Technologies Private Limited та ін [6].

Своєю особливою конструкцією виділяються складальні роботи з двома руками. Вони відносно неважкі і компактні, як правило оснащені двома основними маніпуляторами-«руками», здатними рухатися в семи площинах, а також додатковими маніпуляторами, які можуть збирати дрібні деталі. Такі роботи призначені для того, щоб працювати в безпосередній близькості з людьми, тому безпеці відведено підвищену увагу.



а)



б)

Рисунок 1.3 – Робот-маніпулятор OWI-535 і робот-зварювальник ТВ-1400

Важливе питання в процесі використання роботів у виробництві є їх програмування [5]. Найчастіше програмувати робота за допомогою ручного навчання точок програмної траєкторії є занадто дорогим і технічно складним процесом, тому сьогодні багато компаній віддають перевагу системам автономного програмування.

Ця система дозволяє моделювати в 3D-графіку програми для одного або декількох роботів, що використовується в таких галузях, як фарбування, зварювальні роботи, укладання вантажів. Навіть для більш складних процесів ця система буде корисна в якості підготовчого етапу. (Рис. 1.4).

Одним з найбільш гострих і актуальних питань у світі робототехніки є питання безпеки. Основні положення безпеки для промислових роботів регламентовані в міжнародному стандарті ISO 10218 (Robots and robotic devices –

Safety requirements for industrial robots), до якого також випущено додаток – «Роботи і робототехнічні пристрої. Вимоги безпеки для промислових роботів. Робототехнічні системи та інтеграція».

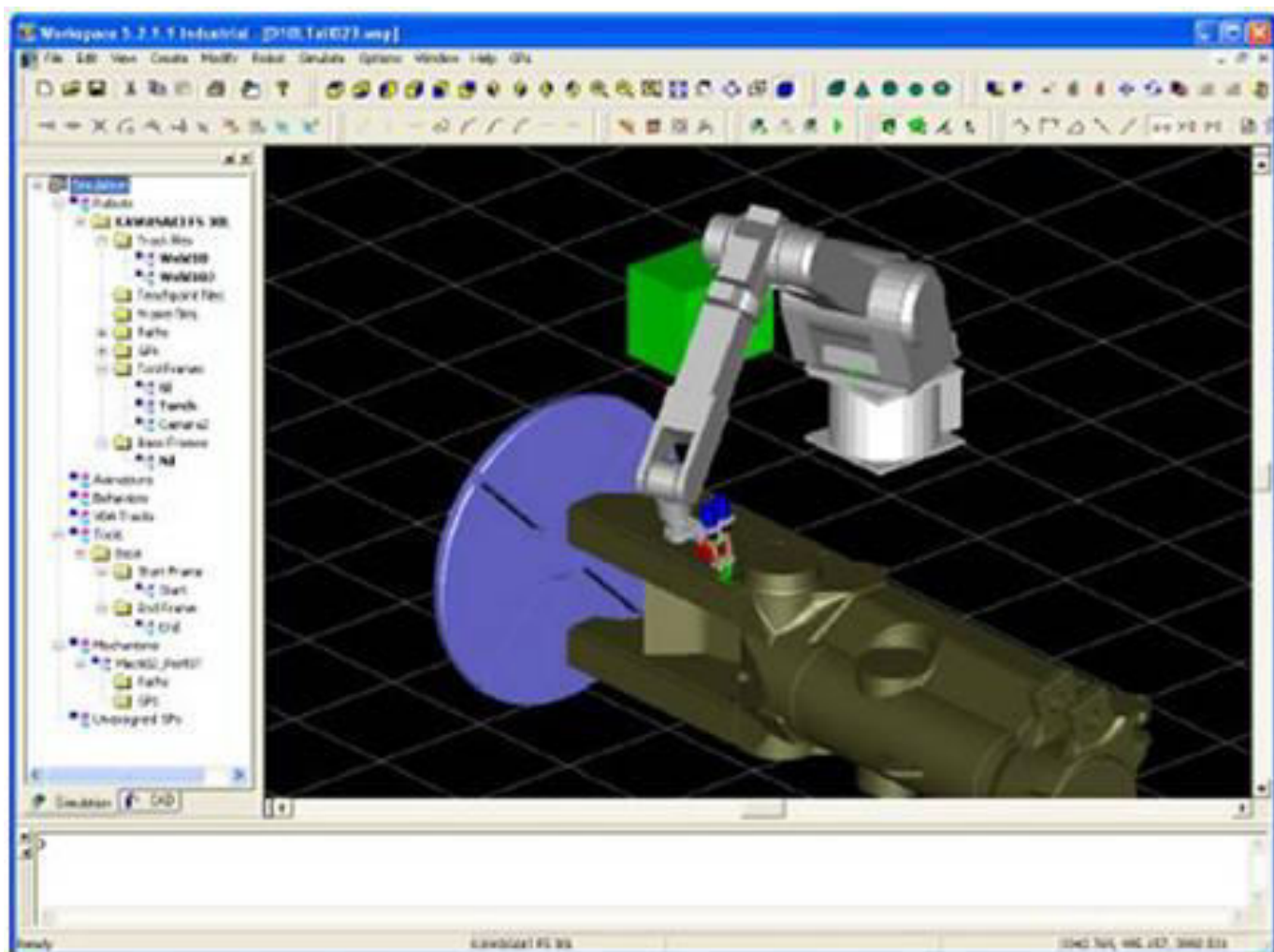


Рисунок 1.4 – Система автономного програмування CAD-CAM

Перспективи використання додатків віртуальної реальності для промислових роботів не так великі, як наприклад, для комп'ютерних ігор, але все ж, в деяких випадках, наприклад, при роботі на важкодоступних або небезпечних для людини місцях, дуже актуальні. Розробники технології IVRE (Immersive Virtual Robotics Environment), що дозволяє у віртуальному просторі не тільки управляти роботом, але і користуватися віртуальним меню та іншими об'єктами в ході роботи,

вважають, що перевага їх винаходу в тому, що тепер рухи робота програмуються набагато швидше, ніж за допомогою традиційного програмування.

Напрямки розвитку роботизації

Робототехніка є однією з важливих галузей розвитку промисловості. На сьогоднішній момент головні покупцями промислових роботів є великі підприємства. Незважаючи на це, малі та середні компанії також є затребуваним покупцем промислової робототехніки, так як відіграють істотну роль на ринку. В Європі головними проблемами, що перешкоджають розвитку робототехніки, є [3]:

- низька поінформованість потенційних споживачів про можливості та переваги застосування робототехніки;
- побоювання користувачів з приводу складності системи;
- висока вартість покупки робота і впровадження його у виробництво;
- невідповідність функцій системи постійно мінливих потреб на виробничому ринку.

Для того щоб бути конкурентоспроможними, робототехнічні системи повинні володіти наступними властивостями:

- відносна простота в управлінні;
- зручність у використанні;
- простота установки;
- адаптованість до змін;
- безпека у використанні;
- ергономічність зовнішнього вигляду;
- енергоефективність, забезпечення автономного енергопостачання;
- багатфункціональність.

Найбільш важливими напрямками розвитку робототехніки є: розробка інтелектуальних систем керування роботами і впровадження засобів віртуальної реальності в управління роботами. Деякі напрямки реалізації віртуальної реальності в управлінні підприємствами наведено в [4].

Фахівці в області робототехніки прагнуть до підвищення автономності роботів, можливості їх функціонування у неструктурованому середовищі, до розвитку методів безпечної взаємодії робота з людиною, спрощення систем програмування.

Виходячи з приведених даних, можна впевнено сказати про велику важливість робототехніки для сучасного виробництва. Постійні зміни, вдосконалення технології промисловості відкривають нові затребувані сфери застосування роботів, що дозволяє автоматизувати багато процеси на виробництві, підвищує його ефективність.

Роботи стають багатфункціональними і в теж час спеціалізованими під конкретну задачу, простими в управлінні і експлуатації. Розробники націлені на подальше збільшення адаптивності, мобільності, безпеки, простоти інтеграції та застосування роботів.

1.2 Антропоморфний захват промислового роботу

Антропоморфний – це теж грецьке слово, що дійшло до нас із сивої давнини. Антропоморфізм, запозичене слово з французької мови "anthropomorphisme", в якому воно було утворено від грецьких слів $\alpha\nu\theta\rho\omicron\lambda\omicron\varsigma$ – людина і $\mu\omicron\rho\phi\acute{\eta}$ – вид, образ, форма. Антропоморфізм – перенесення людського образу і його властивостей на неживі предмети. Антропоморфний означає – що робить, думає, як людина.

Під антропоморфними людиноподібними роботами-андроїдами будемо розуміти біороботи, аналогічні людині по зовнішньому вигляду, структури і кінематиці і використовують принципи управління, аналогічні існуючим у людини. Останнім часом в різних країнах світу ведуться інтенсивні роботи в цьому напрямку і створено багато типів антропоморфних роботів з різним ступенем функціональності і рівнем штучного інтелекту.

Розвиток антропоморфних роботів відбувається в напрямку дедалі більшого їх наближення по своїм функціональним можливостям і зовнішнього вигляду людини. Наприклад, в Японії ведеться розробка роботів, які мають зовнішній вигляд, який

нічим не відрізняється від людського. Розвивається техніка імітацій емоцій і міміки обличчя людини. Вчені Токійського університету представили людиноподібного робота «Kobian», який здатний виражати емоції: щастя, страх, здивування, смуток, гнів, відраза.

В даний час створені антропоморфні роботи, що виконують найпростіші функції няні, доглядальниці, поліцейського, офіціанта, універсального солдата. Ведуться інтенсивні дослідження зі збільшення функціональності таких систем для їх використання в різних середовищах і операціях.

Однією з основних проблем створення антропоморфних роботів є проблема управління і відчуття.

Антропоморфні роботи, створюються на основі використання принципів побудови живих організмів і передусім людини. Створювані в даний час роботи по ряду найважливіших властивостей дуже далекі від можливостей людини, хоча деякі основні принципи побудови системи управління живих істот вже використовуються.

Це, насамперед ієрархічність системи управління [1]. Грубо можна виділити наступні основні рівні центральної нервової системи у людини [2].

Нижнім є так званий тоновий рівень. Завдання цього рівня полягає у підготовці м'язів до виконання рухового акту: вибір м'язів і їх зусиль з урахуванням інформації про зусилля м'язів.

Другий рівень синергії, тобто рівень стандартних рухів, що входять як складові частини в більш складні рухи, використовує інформацію про величини і швидкості суглобних кутів, про сили і напрямки тиску на частини тіла.

Третій рівень називається рівнем просторового поля. Цей рівень використовує оброблену інформацію нижчих рівнів, а також інформацію зовнішніх рецепторів щодо середовища і стани людини.

Наступний рівень управління характерний майже виключно для людини і пов'язаний з виконанням складних дій і цілей.

На основі біонічного підходу може бути побудована структура інформаційного управляючого комплексу антропоморфного робота. При цьому для

кожного рівня повинні задаватися формалізовані цілі, розробляти алгоритми і системи управління для їх реалізації.

Існуючі методи теорії управління та оптимальних систем вимагають адаптації та доопрацювання у зв'язку з великим числом керованих ступенів свободи антропоморфних роботів. Наприклад, для антропоморфних (людиноподібних) роботів необхідно не менше шести керованих ступенів свободи, однак такі роботизовані пристрої надто дорогі і складні як в виготовленні, так і в обслуговуванні, тому на практиці частіше використовуються роботизовані пристрої з меншою кількістю керованих ступенів свободи (найпростіші з промислових роботизованих пристроїв мають три, а рідше – дві керовані ступені свободи), проте такі промислові роботи накладають певні вимоги та обмеження щодо організації робочого простору.

1.3 Аналіз публікацій за темою магістерської роботи

В області робототехніки останнє десятиліття відзначено стійким зростанням інтересу до створення людиноподібних (антропоморфних) крокуючих роботів. Інтерес цей пов'язаний перш за все з тенденцією створення безлюдних технологій з елементами штучного інтелекту як в цивільній, так і військовій областях, а також персонального робота – партнера людини. Найбільших успіхів у цьому напрямку досягли фірми Японії. Їх багаторічна цілеспрямована робота дозволила створити ряд зразків роботів з вражаючими характеристиками і можливостями.

Навіть протягом цього відносно короткого періоду часу спостерігається значний прогрес зроблений у багатьох аспектах робототехніки – від мікромашини для біомедицини до великих масштабних систем для роботизованої конструкції та від роботів для космічного простору до тих, хто задіяний в глибоководних розвідках. Було побачено еволюцію м'яких роботів і як нові матеріали і схеми виготовлення призвели до деформні виконавчі пристрої, які є сумісними, універсальними. Також було побачено багато прикладів біоконструкцій, з модульованим робочим стрибком з спритністю і сила, яка наближається до галагосів

(тварина з найвищою вертикальною стрибковою гнучкістю) до біоміметичної робототехнічної платформи до вивчення. Біороботичний клейовий диск для підводного зчеплення - пішохідні екскурсії, натхненні римською рибою. Ми також відзначили 10-ту річницю операційної система роботів (ROS), відкрите джерело робочого середовища, яке робить великі кроки в реалізації своєї місії паур - Всесвітні роботи, з космічного робота, автономному водінню, промислового монтажу та хірургії.

Нові матеріали та схеми виготовлення для розробки нового покоління роботів, які багатофункціональні, енергоефективні, складні мураха, а також автономний способом, подібним до біологічних організмів.

Біогібридні і біонатхненні роботи. Перекласти фундаментальні біологічні принципи правил інженерного проектування або інтегрувати компоненти в синтетичні структури до створювати роботів, які виконують як природні системи.

Нові джерела живлення, акумуляторні технології - схеми енергозберігання для довговічної роботи мобільних роботів.

Роботи роблять що дозволяють простіше, менше дорогі, модульні одиниці для реконфігурації в команду залежно від завдання, яке потрібно щоб бути виконаним, будучи настільки ж ефективним, як є більшим, специфічним для завдань, монолітним роботом.

Навігація і розвідка в екстремальних умовах середовища, які не тільки не розкриті, але також погано зрозуміла, з здатністю адаптуватися, щоб навчитися, а також відновлювати та виконувати невдачі.

Мозковий комп'ютер-інтерфейс (BCI) для безперервного контролю периферичних нейронів тези, функціональні пристрої електричного стимулювання, і екзоскелети.

Соціальна взаємодія, що розуміє соціальну динаміку людини та моральні норми і що може бути по-справжньому інтегрованим у наше суспільне життя показуючи співчуття і природні соціальні форми поведінки.

Медична робототехніка з підвищенням рівня автономії, але з урахуванням юридичної, етичні та технічні проблеми, а також мікророботи, що вирішують реальні вимоги в медицині.

Етика та безпека для відповідального інновація в робототехніці. Область робототехніки широка і обкладає багато основних і союзників технологічних райони. Виявлення цих викликів було важким завданням, і є багато підгруп.

Теми, не зазначені в списку, є однаково важливими до майбутнього розвитку. Наведений вище список не вичерпний.

У минулому році Білл Гейтс передбачив, що за десятиліття з'являться роботи, здатні бачити і рухатися не гірше людини. Розробки в цьому напрямі йдуть вже давно. Можливо, прогноз співзасновника Microsoft виправдається.

Але робот навіть з ідеальною мімікою і відмінною здатністю рухатися залишається всього лише робочою машиною, без потрібного софту не вміє спілкуватися з людьми.

У листопаді 2017 року Boston Dynamics опублікувала відео, на якому антропоморфний робот Atlas стрибає на коробки і робить сальто. Ролик непогано розійшовся по соціальних мережах та ЗМІ, його показували на центральних каналах. Atlas пройшов великий шлях від робота, що повільно рухається, прив'язаного проводами до джерела живлення і управління, до 1,5-метрової 75-кілограмової автономної моделі. І він вже знає карате.

Набагато більш молодий робот – це російський FEDOR. Одну з версій обіцяють у 2022 році запуснути в космос спочатку для тестів на пілотованому кораблі «Федерація», потім – на Міжнародній космічній станції. Цього року його продовжили покращувати і навіть навчили стріляти з двох рук, із-за чого у всьому світі його охрестили «російським термінатором». Видання The Sun написав статтю про «страхотливий російський робот, який вміє стріляти з пістолетів».

Розробники розповідають, що при створенні вони орієнтувалися насамперед на прикладне використання робота: він може дивитися строго вгору і строго вниз, переміщатися по-пластунськи і сидати на шпагати. В майбутньому «Федір» буде

долати завали, рятувати людей і працювати в умовах, де не може працювати людина. Виробляють його за замовленням МНС Росії.

На відміну від Atlas, який робить Boston Dynamics, що існує з 1992 року, над «KUKA Robotics» почали працювати тільки в 2014 році. Тоді робот отримав назву «KUKA», яке і зараз відповідає одному з головних його призначень: робот має режим віддаленої присутності, при якому людина може керувати ним, наприклад, з Землі під час лагодження «KUKA» космічної станції. Ряд програм він зможе виконувати сам – наприклад, знімати з ручника, заводити автомобіль і управляти їм, а також різати або свердлити за допомогою звичайних інструментів.

Toyota вже багато років працює над роботами-помічниками. В цьому році компанія представила гуманоїдного робота третього покоління T-HR3. Це гнучкий робот-аватар для віддаленої присутності, здатний стояти на одній нозі і виконувати інші складні, майже акробатичні рухи. Сальто, як Atlas, він не робить, але зате має руки з пальцями.

Для управління роботом використовується система, що включає маніпулятори і окуляри віртуальної реальності. Оператор бачить те, що бачить робот.

Ще один робот-робочий в цьому році був зроблений в Німеччині. Це David, раніше він називався Hand Arm System. Він являє собою подобу верхній частині тулуба людини з головою і двома руками і здатний, так само як KUKA, використовувати звичайні інструменти. Це сильно спрощує розробку машини – не потрібно робити додаткові руки-дрилі або шуруповерти. Вбудована система контролю стійкості допомагає роботу справлятися з «віддачею» дрилі під час роботи.

У жовтні 2017 році відбулася перша дуель між величезними бойовими людиноподібними роботами виробництва США та Японії. Звичайні битви роботів між машинами розміром з робот-пилосос проводяться вже багато років, але тут вперше билися великі бойові роботи з людьми всередині.

У Південній Кореї вирішили Зимові Олімпійські ігри використовувати як майданчик для реклами розробок в області робототехніки. Серед спортсменів, які

традиційно несуть факел з Греції в місто проведення ігор, щоб запалити Олімпійський вогонь, в цьому році з'явилися роботи. І знову було показано, як робот може користуватися інструментом – цього разу лобзиком він пропилил отвір в перегородці, щоб передати факел.

В цьому році робот «Софія» продали Саудівської Аравії. Цей робот, якого на форумі «Відкриті інновації – 2017» безперервно носили по величезному приміщенню тенопарка «Сколково», брав участь у телешоу, прес-конференціях.

Робота Софію розробив Девід Хенсон з компанії Hanson Robotics. Вона називає себе «соціальним роботом» і спроектована для навчання та адаптації до поведінки з людьми та спільній роботі з ними. Її зовнішність виконана за подобою Одрі Хепберн, але навряд чи це можна помітити, не звернувшись до її опису. Робот імітує міміку обличчя і кілька десятків емоцій, відповідає на деякі запитання і намагається підтримувати бесіду, використовуючи технологію розпізнавання мови від Alphabet. Те ж стосується творіння робототехніка Хіросі Ісігуро, відомого своїми «актроїдами» – роботами, що повторюють зовнішній вигляд людини. Робить він цих роботів з 2000-х років, вони можуть замінювати його самого на лекціях, але по суті є всього лише «голем» – роботом віддаленої присутності, схожим на живу людину.

Робот Еріка (Erica) може спілкуватися з людьми, але поки не рухає руками. Вона майже автономний. Але за ширмою приміщення, де сидить Еріка, стоять кілька ноутбуків, які обробляють інформацію, що надходить, та дозволяють їй відповідати на питання, іноді правильно, часто – ні. Еріка орієнтується на 14 сенсорів глибини, що дозволяють їй бачити, хто або що знаходиться в приміщенні.

Мета Хіросі Ісігуро – показати людськість на прикладі роботів, дати відповідь на питання, яке мінімальне визначення поняття людина.

75 років тому Айзек Азімов сформулював три закони робототехніки. Вони залишаються всього лише фантазією, і вони вже не пройшли перевірку часом: як мінімум з-за самого призначення роботів, які повинні вбивати людей, а іноді – в принципі не можуть нікого врятувати.

Роботи-маніпулятори, які працюють на заводах, сконструйовані для більшої ефективності виконання конкретних завдань. Маніпулятор на гусеницях, створений для розмінування бомб, справляється зі своєю місією відмінно. Є маса прикладів вузькоспеціалізованих роботів, які виконують завдання у кількох областях, і які зовсім не схожі на людину. З точки зору конкретних вузькоспеціалізованих застосувань і штучний інтелект, і роботи вже допомагають. Вони стали кращими друзями виробників автомобілів і електроніки, і скоро стануть кращими друзями космонавтів.

Постає питання про необхідність «людиноподібності» роботів. Антропоморфні роботи мають сенс, коли є аватарами. Дійсно, для виконання робіт, де потрібна присутність людини, але здоров'я або сил людини не вистачить, вони зможуть бути гарною підмогою. За 2017 рік прориву не сталося: машини, що імітують людину все так само більшою мірою призначені для виставок.

Стосовно розробок антропоморфних захватів промислового робота варто відзначити, що на сьогодні відома кисть руки робота [1], яка містить пальці, двигуни, сухожилля (у вигляді тросів), що закріплені до рухливого корпусу двигунів, гвинти, два диски, з'єднані між собою трубою з пазами й між якими жорстко закріплені кожний із гвинтів. Ротор кожного із двигунів виконаний у вигляді обертової гайки, що накручується на відповідний їй гвинт, що задає напрямок переміщення по ньому двигуна. Дане технічне рішення може бути застосовано для побудови людиноподібних (антропоморфних) роботів, придатних для споживчого ринку.

Однак, даному пристрою, не зважаючи на здатність утримання об'єктів довільної форми, притаманний суттєвий недолік, а саме: внаслідок того, що приводи пальців виконані у вигляді «... обертової гайки, що накручується на відповідний їй гвинт, що задає напрямок переміщення по ньому двигуна...», кожен з пальців згинається тільки в одній 2D площині. Інакше кажучи, кожен з пальців пристрою позбавлений можливості виконання операцій в 3D просторі, наприклад в сферичній, чи в її різновиду ангулярній системі координат, в якій і працює кисть руки людини.

Наявність такого недоліку суттєво обмежує технологічні можливості вказаного пристрою.

Відомий захват [2], із установленими на корпусі пальцями, що містять рухливі ланки, з'єднані обертальними парами із блоками, об'єднаними тросом. На осях обертальних пар установлені пружини, з'єднані одним кінцем із блоком, а другим з рухливою ланкою. Зазначені блоки встановлені на валу й постачені приводом. Даний пристрій забезпечує надійне втримання об'єктів зі складною геометрією поверхні, але як і в попередньому випадку, кожен з пальців захвату згинається тільки в 2D площині. Відсутність можливості виконання технологічних операцій в 3D просторі становить суттєвий недолік цього пристрою, бо обмежує його працездатність відносно руху в сферичній системі координат.

Відомі взаємопов'язані фаланги для захвату робота (Interconnected phalanges for robotic gripping) [3], що з'єднані шарнірами та виконані з можливістю повороту відносно одна одної за рахунок зубчатих передач, таким чином, що поворот попередньої фаланги викликає обертання наступної фаланги. Завдяки шарнірному з'єднанню фаланг пальців пристрій дозволяє утримувати об'єкти різноманітної форми, але відомо, що зубчаті з'єднання (принаймні секторні) працюють тільки в одній площині. Тому й всі пальці даного пристрою теж позбавлені можливості відпрацювання руху в будь-якому 3D просторі, що суттєво обмежує технологічні можливості даного пристрою.

Відома антропоморфна кисть протеза «Вайм» [4 (с. 121 – 122, мал. 8.27)], що містить пальці у вигляді п'яти чотирьох ланкових механізмів, кривошипи, що входять до складу кожного пальця й з'єднані пластиною з пружиною, яка може переміщатися поступально за допомогою електродвигуна й ходового гвинта. За слушним зауваженням автора даної кисті (с. 121, третій абзац): «Розташування пальців повинно бути точно розраховане, щоб об'єкт надійно втримувався в захваті й дотримувався балансу сил у точці торкання ...». Ця вимога є наслідком недоліку кисті, а саме, переміщення кожного пальця в 2D площині. Рекомендація щодо оснащення кожного пальця окремим електромотором (див. с. 122, другий абзац) для

незалежного переміщення пальців, не усуває зазначеного недоліку, оскільки одержавши незалежне переміщення, пальці все одно будуть переміщатися в 2D площині, а не в 3D просторі, внаслідок того, що вони виконані у вигляді плоских чотирьох ланкових механізмів. У сукупності зазначені недоліки обмежують технологічні можливості кисті, віддаляючи її від такої властивості, як антропоморфна кисть.

Найбільш близьким аналогом (прототипом) до пристрою, що заявляється, є комбінований захват [5 (с. 75, рис. 3.22)] виробництва фірми Simrit (Німеччина), що містить пальці у вигляді еластичних гофрованих оболонок (камер), що мають гофри на зовнішній поверхні та плоску внутрішню поверхню, які деформуються та охоплюють криволінійну поверхню виробу за рахунок різниці площин: меншої — гладкої поверхні, та більшої — гофрованої поверхні. Завдяки такому технічному рішенню пневматичний захват адаптується до криволінійної поверхні промислових виробів.

Загальними ознаками із пристроєм-прототипом є наявність пальців, виконаних у вигляді еластичних гофрованих оболонок, що мають різну площину верхньої та нижньої їх частин і знаходяться під тиском газу або рідини від джерела надлишкового тиску.

Однак, як і розглянуті вище аналоги, захват-прототип також позбавлений можливості руху у 3D просторі, бо навіть у разі збільшення кількості пальців (тобто більше двох), кожен з них буде працювати тільки в 2D площині, бо плоска поверхня нижньої частини еластичної камери (як плоске ребро) не дозволяє вигін пальця в будь-якому іншому напрямі, окрім як у 2D площині, що суттєво обмежує технологічні можливості розглянутого пристрою.

Висновки до розділу та постановка задач дослідження

Таким чином, на основі вищевикладеного варто зазначити:

1. Підвищення якості продукції одночасно зі зменшенням серійності і частою зміною моделей, що випускаються виробів є трендом сучасного ринку. Виконання

цих умов неможливе без розвитку автоматизації технологічних виробничих процесів. У ряді ключових технологій, наприклад, у зварюванні, лазерній обробці, термічного різання, забарвленням, подальший розвиток можливий тільки із застосуванням технологічних роботів.

2. Альтернативою технологічної залежності від зарубіжних власників ноу-хау могла б стати розробка спочатку одиничних, а потім і серійних зразків вітчизняних універсальних технологічних роботів, включаючи власну систему управління. Як показав досвід впровадження та експлуатації промислових роботів, засвоєння передових роботизованих технологій неможливо передусім без наявності ноу-хау на програмне забезпечення самих роботів.

3. Найбільш високотехнологічні завдання, що виникають при підготовці виробництва нових деталей спеціального призначення, не представляється можливим вирішити саме через відсутність таких ноу-хау. Наприклад, узгоджена робота в автоматичному режимі кількох роботів різних виробників не може бути здійснена на базі стандартного контролера. Причина – у відсутності доступу до опціонів сенсорики та деяких інтерфейсів в системі керування роботами, які не виробляються, а купуються в готовому вигляді, як «закритої системи». Ціни на необхідне спеціальне програмне забезпечення системи управління, що встановлюються фірмами, дуже високі.

4. Для створення альтернативи таким технологіям необхідно постійно вести роботи по створенню та розвитку власної системи управління для технологічних роботів. Система управління є найбільш наукоємною частиною будь-якої роботизованої технологічної клітинки або лінії. Без системи управління випуск власних технологічних роботів і розвиток власних роботизованих технологій неможливі без напрацювання власних ноу-хау у сфері ключових технологій, зокрема роботизованих, Україна залишиться в ролі наздоганяючого по відношенню до закордонних конкурентів.

5. Уявлення щодо робототехніки та ролі промислових роботів у сучасному вітчизняному виробництві ще не до кінця сформовані. Необхідність розвитку

промислової робототехніки як засобу забезпечення конкурентоспроможності багатьох видів машинобудівного виробництва недостатньо усвідомлюється органами державної влади, відповідальними за промислову політику.

6. Україна неминуче увійде в якісний період свого розвитку, коли попит на роботизовані технології буде не менше, ніж у розвинених країнах, а кількість кваліфікованих компаній, які займаються проектуванням та виготовленням робототехнічних комплексів, зросте в рази.

Метою винаходу є розширення технологічних можливостей, а саме забезпечення руху кожного пальця кисті робота в 3D просторі, зокрема в ангулярній системі координат, притаманній кисті руки людини – частині руки від зап'ястя до кінця пальців, що й визначає назву пристрою – антропоморфна (anthropomorphous) кисть промислового робота.

Тут слід зауважити, що ангулярна система координат є різновидом сферичної системи координат і відрізняється відсутністю кінематичних ланок поступального руху, а містить тільки ланки обертового (під кутом) руху, що властиво устрою людської кисті.

Технічний результат досягається тим, що пристрій, який заявляється, згідно з винаходом оснащений фалангами пальців, що містять по чотири еластичні оболонки трапецеїдного перетину, верхня й нижня основи котрих виконані у вигляді гофрів з різною площею поверхні за рахунок різниці їх висоти й кроку, причому зазначені оболонки встановлені по дві у взаємно перпендикулярному напрямку й закріплені нерухомо своїм початком на корпусі сфери, а своїм закінченням установлені рухливо на валу, оснащеним півсферою, що з'єднана рухливо із зазначеною сферою.

Крім того, корпус кожної сфери встановлений на циліндричних шарнірах, закріплених на фланці кожної фаланги й розміщених у напрямку, перпендикулярному поздовжньої осі кожної фаланги пальців.

Приведені ознаки винаходу є суттєвими, бо в сукупності достатні для рішення поставленої задачі – розширення технологічних можливостей, шляхом забезпечення руху кожної фаланги, а значить і кожного пальця кисті руки промислового робота, у

3D просторі, зокрема в ангулярній системі координат, що притаманна кисті руки людини.

Кожна із наведених ознак нарізно необхідна для ідентифікації і відмінностей пристрою, що заявляється, від відомих в техніці аналогічних технічних рішень.

Таким чином, нова сукупність загальних (відомих) і відмітних (нових) від прототипів суттєвих ознак, якими характеризується нове технічне рішення, є достатньою у всіх випадках, на які розповсюджується об'єм правового захисту, оскільки вирішує поставлені задачі.

Причинно-наслідковий зв'язок між сукупністю суттєвих ознак і результатом, що досягається полягає в наступному.

Завдяки тому, що кожна фаланга всіх пальців виконана як сукупність чотирьох еластичних оболонок трапецеїдного перетину, верхня й нижня основи котрих виконані у вигляді гофрів з різною площею поверхні за рахунок різниці їх висоти й кроку, надається можливість при почерговому створенні тиску в указаних оболонках здійснювати згини фаланг у будь якому напрямі, бо різниці висот гофрів дають різницю їх площин, а значить і різницю згинаючих сил під тиском газу чи рідини в гофрах.

Установлення зазначених оболонок по дві у взаємно перпендикулярному напрямі й закріплення їх нерухомо своїм початком на корпусі сфери та встановлення рухливо їх закінчень на валу, оснащеним півсферою, що з'єднана рухливо із зазначеною сферою, створює кінематичний зв'язок між сполученими фалангами, наслідком чого є можливість узгодженого згину пальців в у будь якому напрямі в межах ангулярної системи координат, що притаманна кисті людини.

Крім того, встановлення корпуса кожної сфери на циліндричних шарнірах, закріплених на фланці кожної фаланги й розміщених у напрямі, перпендикулярному поздовжньої осі кожної фаланги пальців, суттєво зменшує деформацію бокових не гофрованих стінок (тобто ребер трапеції) оболонок, полегшуючи тим самим згин гофрів фаланг у заданому напрямі.

В сукупності означені конструктивні відмінності забезпечують настільки суттєве розширення технологічних можливостей, що навіть дозволяють (у разі технологічної необхідності) суміжним флангам згинатися в протилежних напрямках.

РОЗДІЛ 2. ОПИС УСТРОЮ ТА РОБОТИ АНТРОПОМОРФНОГО ЗАХВАТУ

2.1 Математичні аспекти антропоморфних захватів промислового робота

Маніпулятор промислового робота за своїм функціональним призначенням повинен забезпечувати рух вихідної ланки i , закріпленою в ньому, об'єкта маніпулювання у просторі із заданою траєкторією i з заданою орієнтацією. Для повного виконання цієї вимоги основний важільний механізм маніпулятора повинен мати не менше шести рухливостей, причому рух по кожній з них має бути керованим. Промисловий робот з шістьма рухомими одиницями є складною автоматичною системою. Ця система складна як у виготовленні, так і в експлуатації. Тому в реальних конструкціях промислових роботів часто використовуються механізми з числом рухливостей 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 для прикладу структурну і функціональну схеми промислового робота з рухомим маніпулятором. Основний механізм руки маніпулятора складається з нерухомої ланки 0 і трьох рухомих ланок 1, 2 і 3 (рис.2.1).

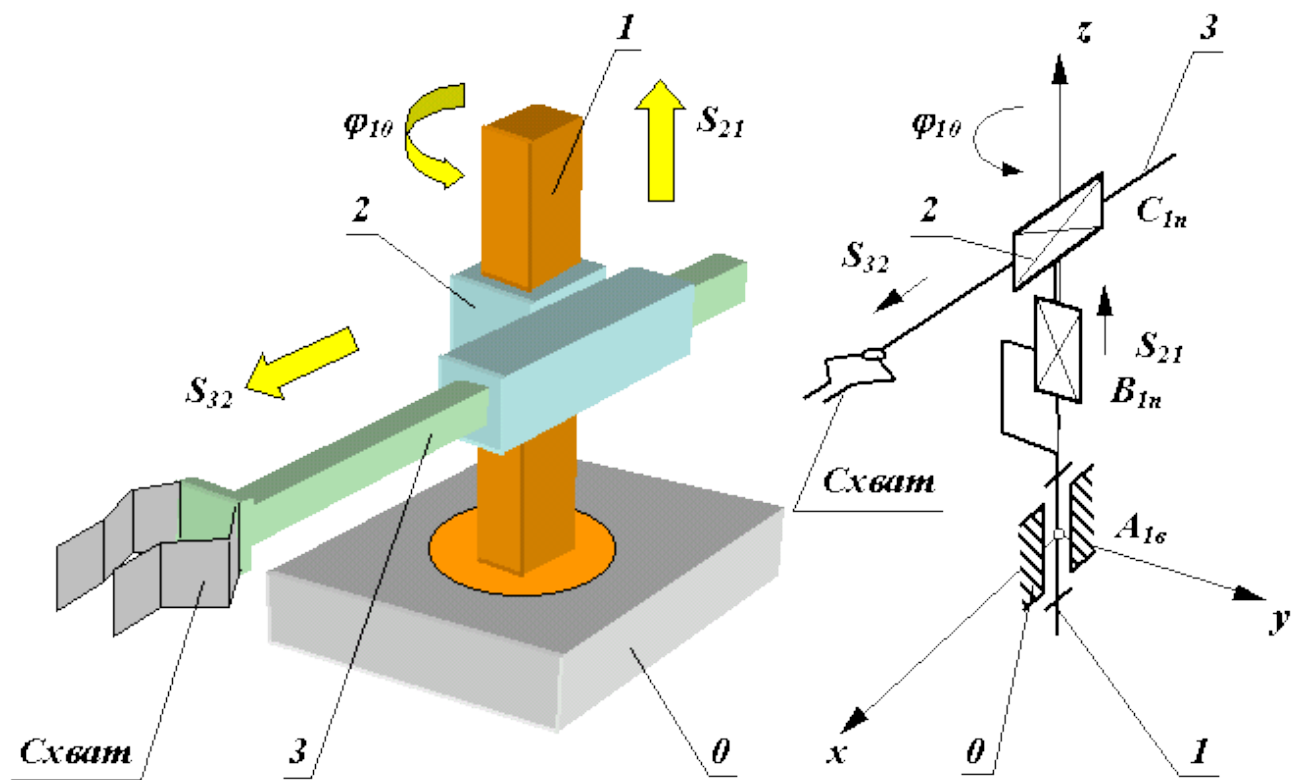


Рисунок 2.1 – Основний механізм руки маніпулятора

Механізм цього маніпулятора відповідає циліндричній системі координат. У цій системі ланка 1 може обертатися щодо ланки 0 (відносно кутового переміщення φ_{10}), ланка 2 переміщається по вертикалі відносно ланки 1 (відносно лінійне переміщення S_{21}) і ланка 3 переміщається в горизонтальній площині щодо ланки 2 (відносно лінійне переміщення S_{32}). На кінці ланки 3 укріплено захоплювальний пристрій або схват, призначений для захоплення та утримання об'єкта маніпулювання при роботі маніпулятора. Ланки основного важільного механізму маніпулятора утворюють між собою три однорухомі кінематичні пари (одну обертальну А й 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 з двигунів з редуктором і системи датчиків зворотного язку. Так як рух об'єкта здійснюється по заданому закону руху, то в системі повинні бути пристрої, які зберігають і задають програму руху, які назвемо програмноносіями. При управлінні

від ЕОМ такими пристроями можуть бути дискети, диски CD, магнітні стрічки та ін. Перетворення заданої програми руху в сигнали управління двигунами здійснюється системою управління. Ця система включає ЕОМ, відповідним програмним забезпеченням, цифроаналогові перетворювачі і підсилювачі. Система управління, у відповідності із заданою програмою, формує і видає на виконавчі пристрої приводів (двигуни) керуючі впливи u_i . При необхідності вона коригує ці дії за сигналами x_i , які надходять до неї з датчиків зворотного зв'язку. Функціональна схема промислового робота наведена на рис. 2.2.

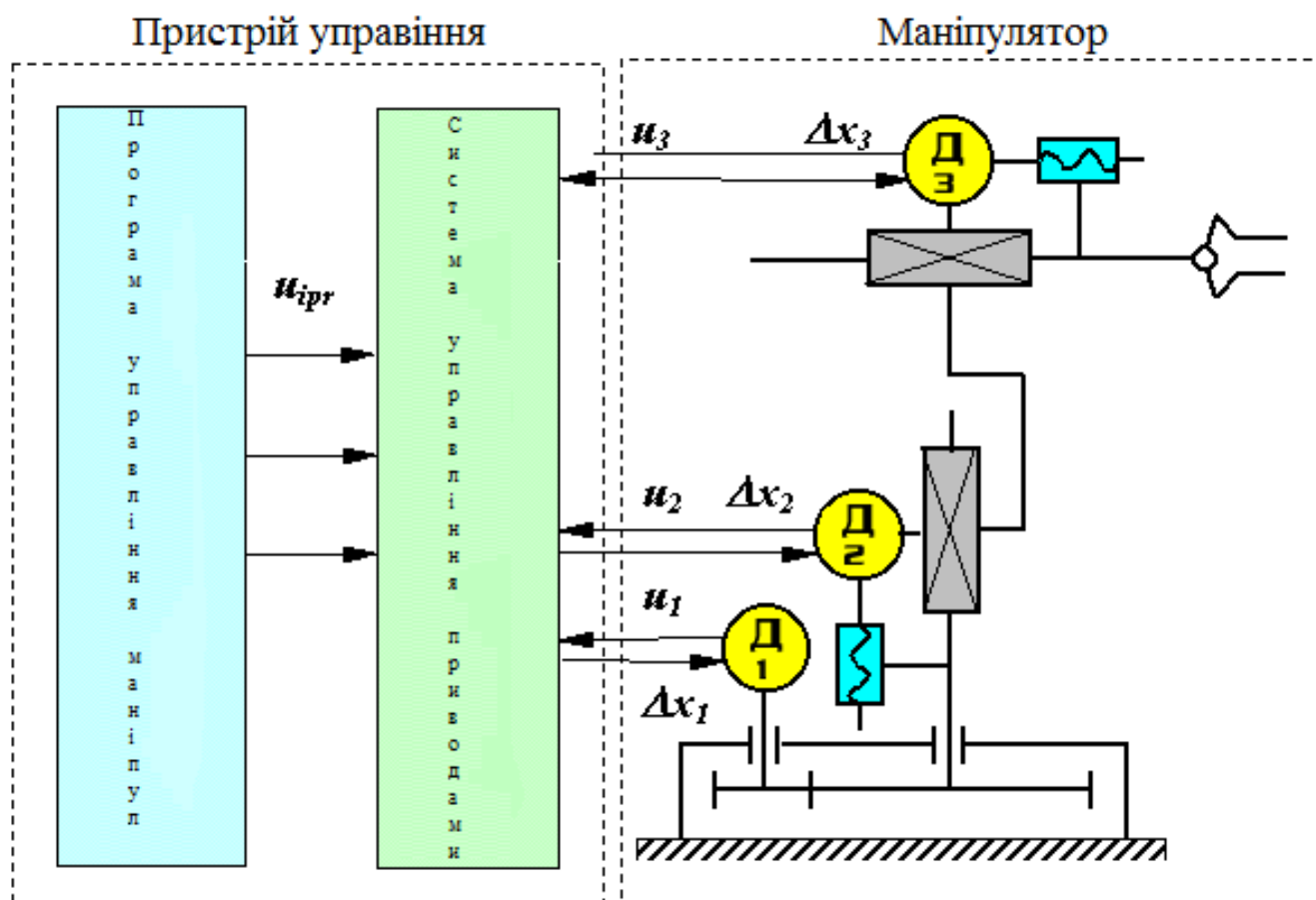


Рисунок 2.2 – Функціональна схема промислового робота

Формула будови – математичний запис структурної схеми маніпулятора, що містить інформацію про число його рухливостей, вигляд кінематичних пар і їх

орієнтації відносно осей базової системи координат (система, пов'язана з нерухомою ланкою).

Рухи, які забезпечуються маніпулятором діляться на:

- *глобальні* (для роботів з рухомою підставою) – рухи стійки маніпулятора, які суттєво перевищують розміри механізму;
- *регіональні* (транспортні) – рухи, які першими трьома ланками маніпулятора або його "рукою", величина яких порівнянна з розмірами механізму;
- *локальні* (орієнтуючі) – рухи, забезпечувані ланками маніпулятора, які утворюють його "кисть", величина яких значно менше розмірів механізму.

У відповідності з цією класифікацією рухів, у 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 схвата – точки М (регіональні рухи схвата); під "кистю" – ті ланки і пари, які забезпечують орієнтацію схвата (локальні рухи схвата).

Розглянемо структурну схему антропоморфного маніпулятора, тобто схему яка у першому наближенні відповідає механізму руки людини (рис.2.3).

Цей механізм складається з трьох рухомих ланок і трьох кінематичних пар: двох сферичних трирухомих $A_{3сф}$ і $Z_{3сф}$ і однієї однорухомої обертальної $B_{1в}$.

Кінематичні пари маніпулятора характеризуються:

- ім'ям або позначенням КП - заголовна літера латинського алфавіту (А,В,С тощо);
- ланками, які утворюють пару (0/1,1/2 тощо);
- відносним рухом ланок у парі (для одноподвижних пар - обертальний, поступальний і гвинтове);
- рухливістю КП (для нижчих пар від 1 до 3, для вищих пар від 4 до 5);
- віссю орієнтації осі КП щодо осей базової або локальної системи координат.

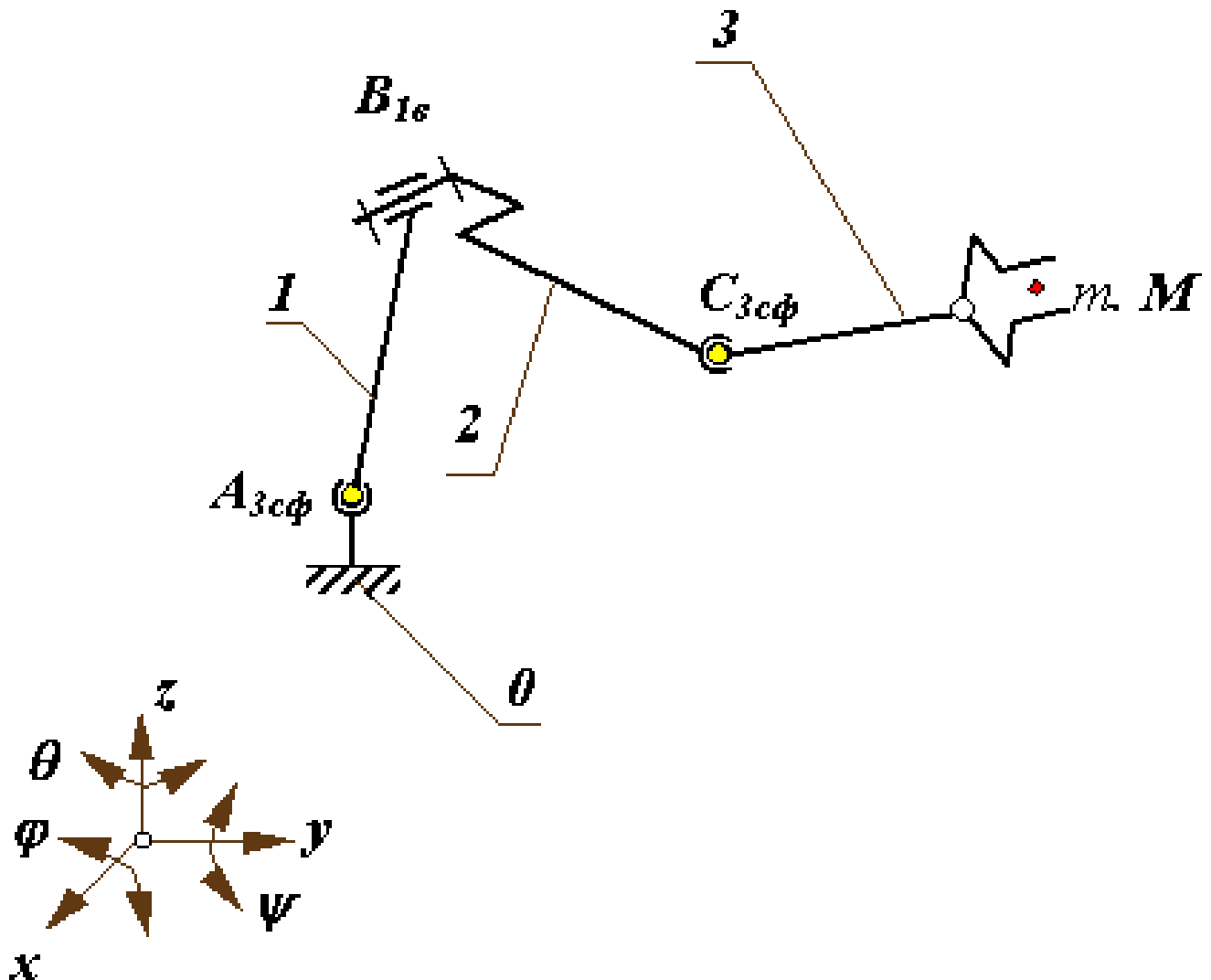


Рисунок 2.3 – Структурна схема антропоморфного маніпулятора

1 – плече, 2 – перед плече, 3 – кисть

Робочий простір маніпулятора – частина простору, обмежена поверхнями минають до безлічі можливих положень його ланок.

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

Рухливість маніпулятора W – число незалежних узагальнених координат однозначно визначальне становище схвата в просторі.

$$W = 6 \cdot n - \sum_{i=1}^5 (6 - i) \cdot p_i$$

або для незамкнутих кінематичних ланцюгів:

$$W = \sum_{i=1}^5 i * p_i$$

Маневреність маніпулятора M – рухливість маніпулятора при зафіксованому (нерухомому) схваті.

$$M = W - 6$$

Можливість зміни орієнтації схвата при розміщенні його центру в заданій точці зони обслуговування характеризується кутом сервісу – тілесним кутом, який може описати остання ланка маніпулятора (ланка на якій закріплений схват) при фіксації центру схвата в заданій точці зони обслуговування.

$$\psi = f_c / l_{cm}^3$$

де: f_c - площа сферичної поверхні, що описується точкою С ланки 3, l_{cm} - довжина ланки 3.

Для маніпулятора, зображеного на рис.2.4,

рухливість маніпулятора:

$$W = 6 * 3 - (3 * 2 - 5 * 1) = 18 - 11 = 7;$$

маневреність:

$$M = 7 - 6 = 1;$$

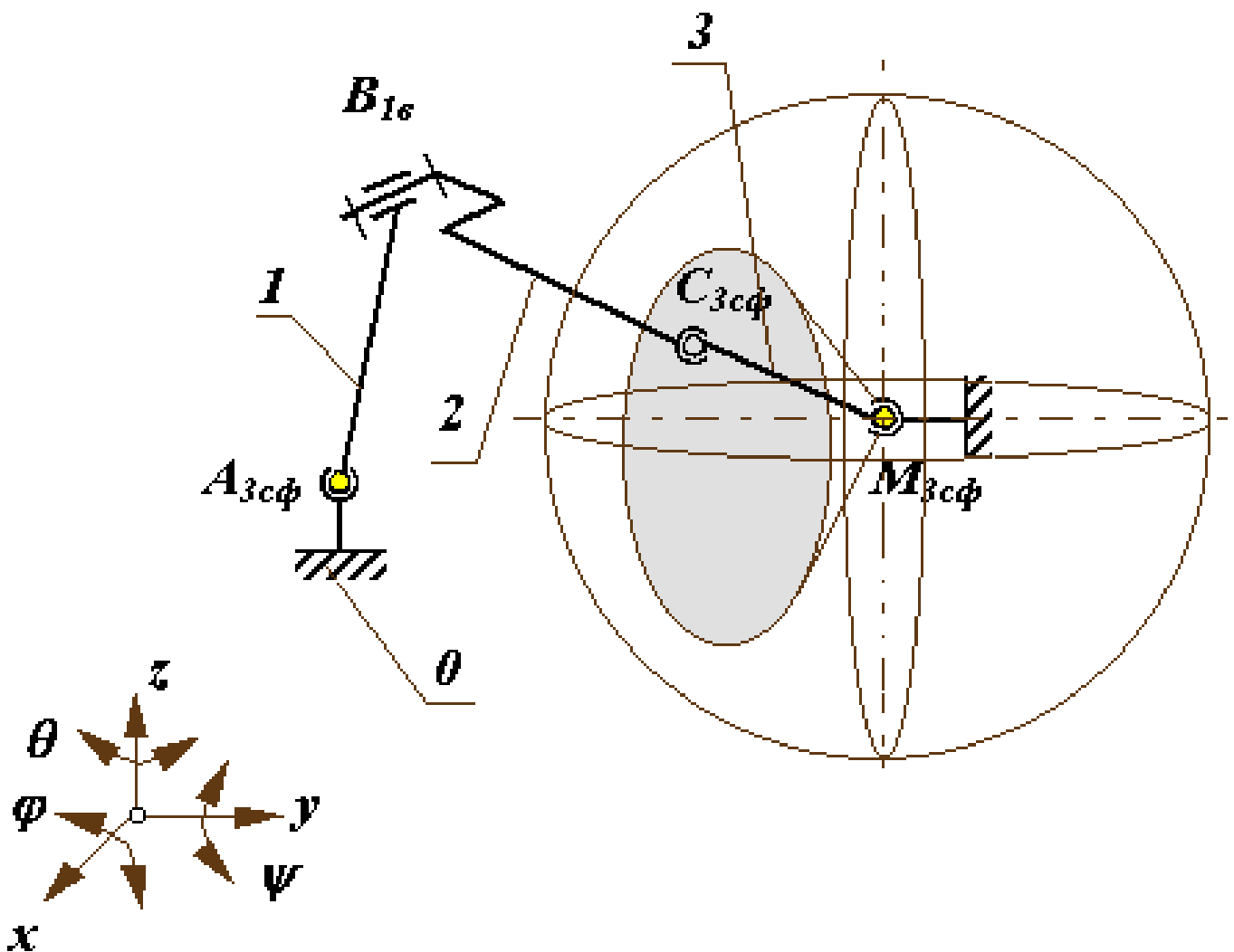


Рисунок 2.4 – Маніпулятор. Кінематична схема

Структура кінематичного ланцюга маніпулятора повинна забезпечувати потрібне переміщення об'єкта в просторі із заданою орієнтацією. Для цього необхідно, щоб схват маніпулятора мав можливість виконувати рух мінімум з шести координатами: трьом лінійним і трьом кутовим. Розглянемо на об'єкт маніпулювання точку М, яка співпадає з центром схвата. Положення об'єкта в нерухомій (базовій) системі координат $Ox_0y_0z_0$ визначається радіусом-вектором

точки M і орієнтацією одиничного вектора \bar{A} з початком цієї точки. В математиці положення точки в просторі задається в одній з трьох систем координат:

- прямокутній декартовій з координатами x_M, y_M, z_M ;
- циліндричній з координатами r_{sM}, z_M, φ_M ;
- сферичній з координатами r_M, ψ_M, θ_M .

Орієнтація об'єкта в просторі задається кутами θ, ψ і φ , які вектор орієнтації \bar{A} утворює з осями базової системи координат. На рис. 2.5 дана схема шести рухомого маніпулятора з обертальними кінематичними парами з координатами об'єкта маніпулювання.

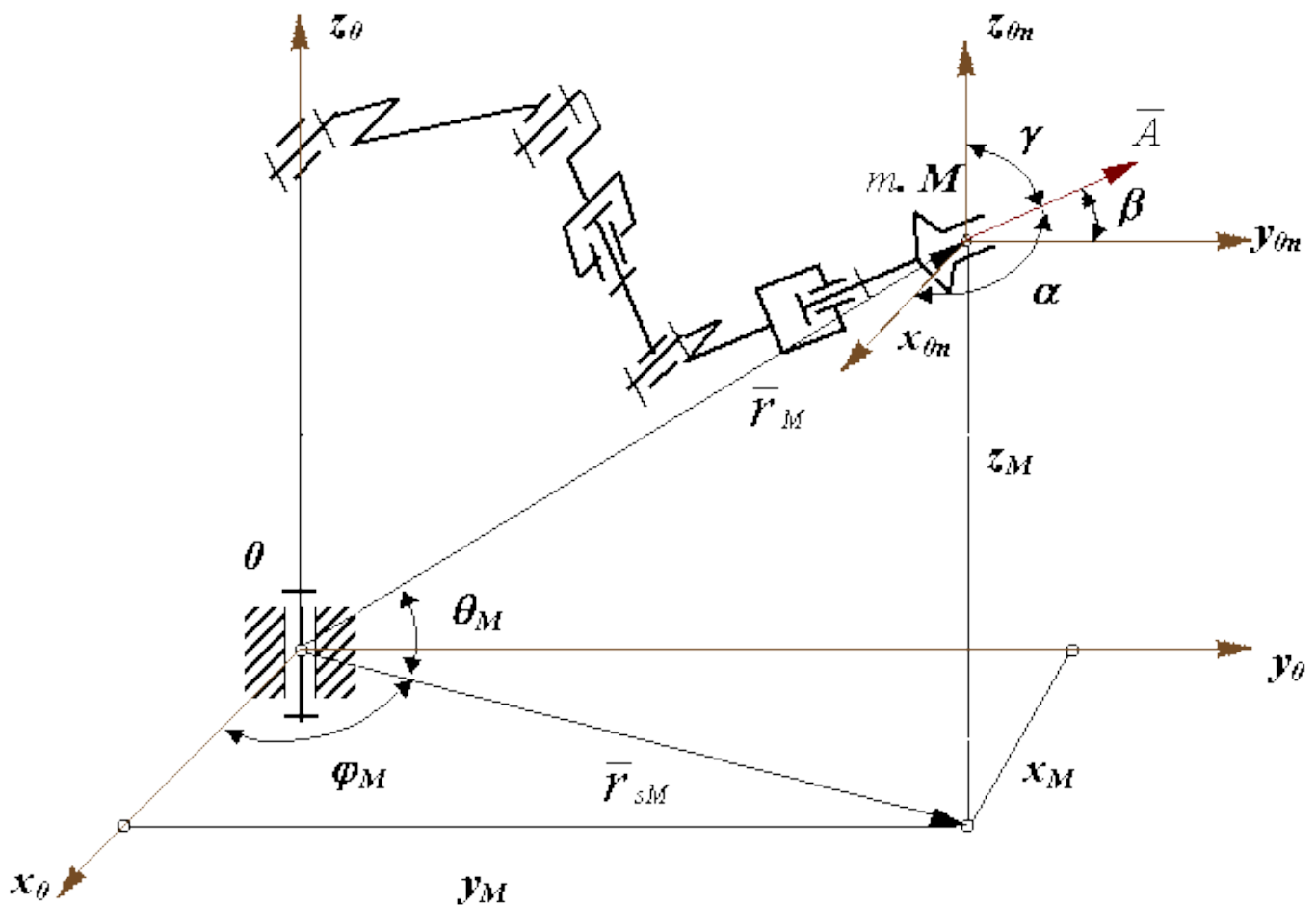


Рисунок 2.5 – Маніпулятор. Кінематична схема

При структурному синтезі механізму маніпулятора необхідно враховувати наступне:

- кінематичні пари маніпуляторів забезпечуються приводами, що включають двигуни і гальмівні пристрої, тому в схемах зазвичай маніпуляторів використовуються однорухомі кінематичні пари: обертальні або поступальні;
- необхідно забезпечити не тільки задану рухливість схвату маніпулятора, але і таку орієнтацію осей кінематичних пар, яка забезпечувала необхідну форму зони обслуговування, а також простоту і зручність програмування його рухів;
- при виборі орієнтації кінематичних пар необхідно враховувати розташування приводів (на підставі або на рухомих ланках), а також спосіб врівноваження сил ваги ланок.

При виконанні першої умови кінематичні пари з кількома рухливостями замінюють еквівалентними кінематичними сполуками. Приклад такого з'єднання для сферичної пари дано на рис. 2.6.

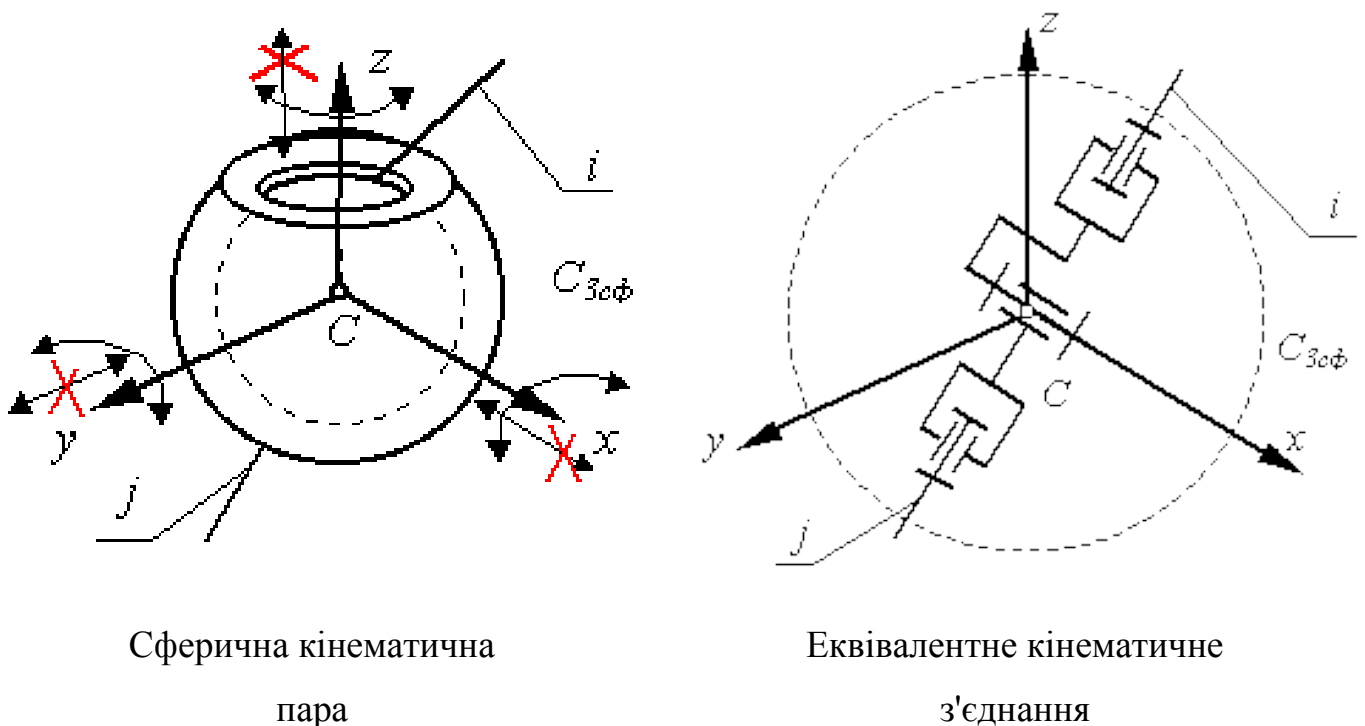
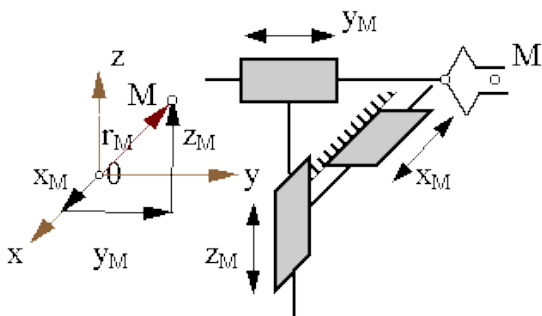
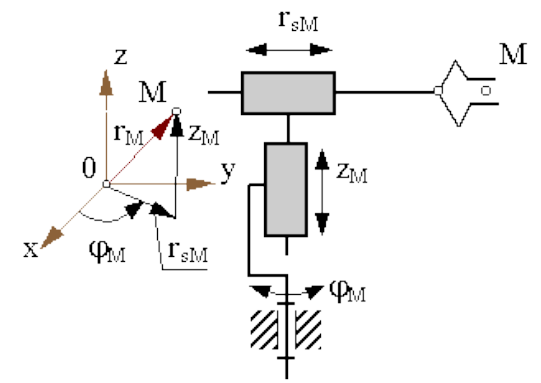
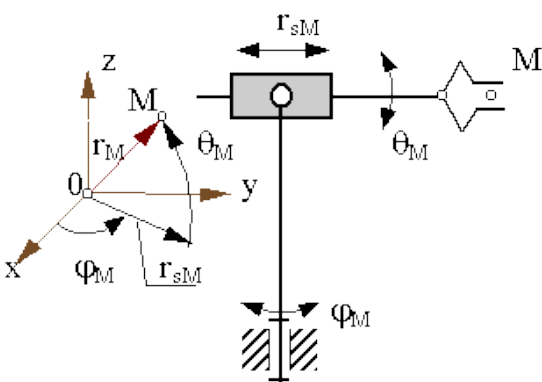
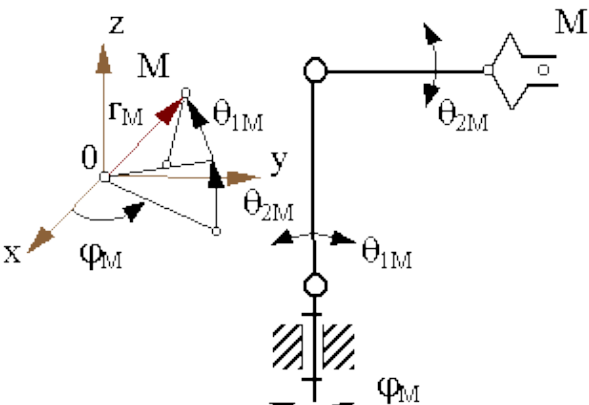


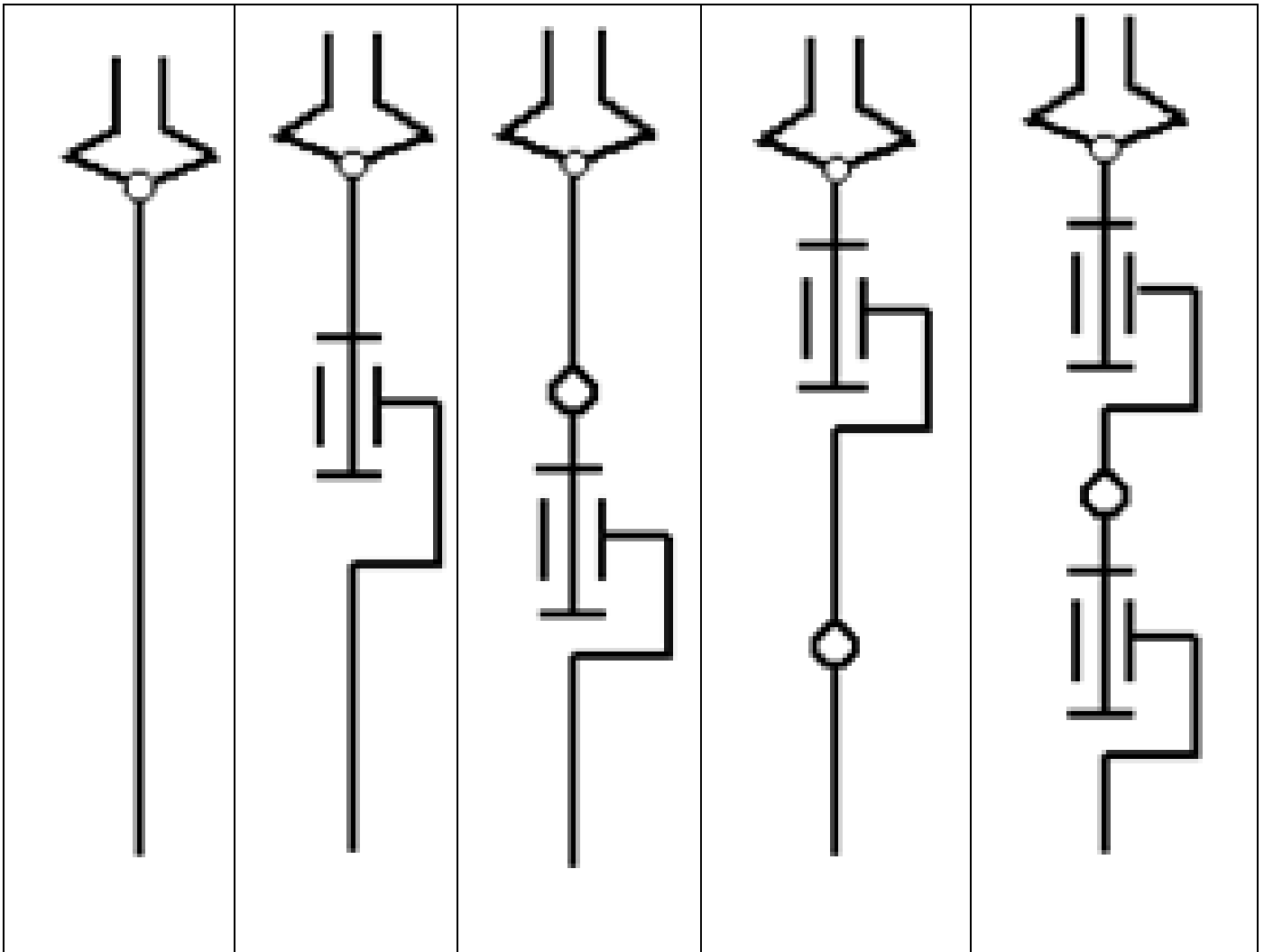
Рисунок 2.6 – З'єднання для сферичної пари

Переміщення схвата в просторі можна забезпечити, якщо орієнтувати осі перших трьох кінематичних пар по осях однієї з осей координат. При цьому вибір системи координат визначає тип руки маніпулятора і вид його зони обслуговування. По ГОСТ 25685-83 визначені види систем координат для руки маніпулятора, які наведені в таблиці 2.1. Тут наведено приклади структурних схем механізмів відповідні систем координат. Структурні схеми механізмів кисті, застосовувані в маніпуляторах, надані в таблиці 2.2. Приєднуючи до вихідної ланки руки той чи інший механізм кисті, можна отримати більшість відомих структурних схем маніпуляторів, які застосовуються в реальних промислових роботах.

Таблиця 2.1 – Системи координат "руки" маніпулятора

Прямокутна (декартова)	Циліндрична
	
Сферична	Кутова (ангулярная)
	

Таблиця 2.2 – Структурні схеми механізмів кисті



Структура маніпулятора визначається і місцем розміщення приводів. Якщо приводи розміщуються безпосередньо в кінематичних парах, то до мас рухливих ланок маніпулятора додаються маси приводів. Сумарне навантаження на приводи і їх потужність збільшуються, а відношення маси маніпулятора до корисного навантаження (максимальній масі об'єкта маніпулювання) зменшується. Тому при проектуванні роботів приводи ланок руки, як найбільш потужні і такі, що володіють більшою масою, прагнуть розмістити ближче до основи робота. Для передачі руху від приводу до ланки використовуються додаткові кінематичні ланцюги.

Сервопривід управляється подачею на нього прямокутних імпульсів по сигнальній лінії з частотою близько 50 Гц, амплітудою не менше 3.3В (часто вже не менше 4.8В), шириною стандартно від 1000 до 2000мкс, що відповідає стандартним крайнім положенням. Зазвичай реальний діапазон може бути трохи ширше

(наприклад, 900-2100мкс), але це вже на розсуд конкретного виробника сервоприводів. Терморегулятори роз'єму. Три дроти чорний (коричневий), червоний, білий (жовтий) – відповідно земля, живлення і керуючий сигнал (ШІМ).

2.2 Функціональна схема та механізми управління антропоморфним захватом промислового робота

Функціональна схема управління антропоморфним захватом промислового робота (рисунок 2.7) включає в себе: керуючий контролер, сервопривід, а також датчики. Для того щоб функціональна схема стала замкнутою, слід використовувати датчики різного призначення (у залежності від виконуваних завдань).



Рисунок 2.7 – Функціональна схема управління антропоморфним захватом промислового робота

Тепер потрібно розглянути докладніше кожен блок функціональної схеми управління робота. Головним компонентом в цій системі є мікроконтролер. Контролер МК-66. Зовнішній вигляд плати показаний на рисунку 2.8 та 2.9.

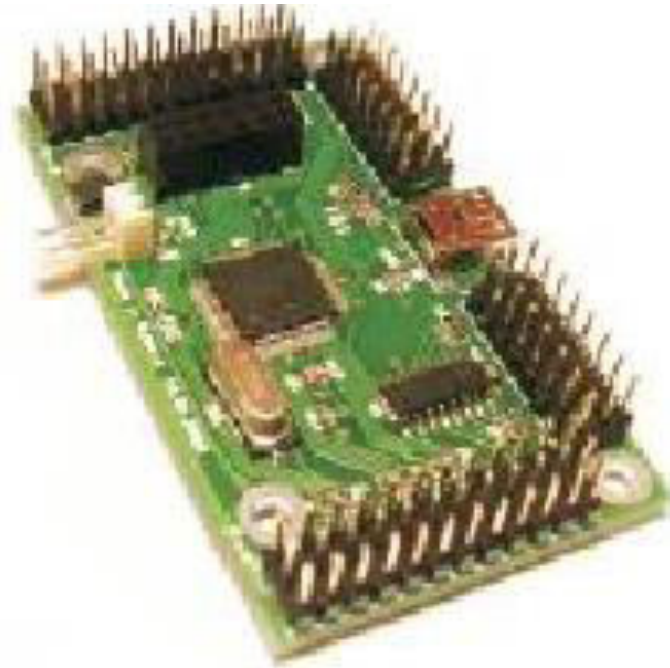


Рисунок 2.8 – Контролер МК66

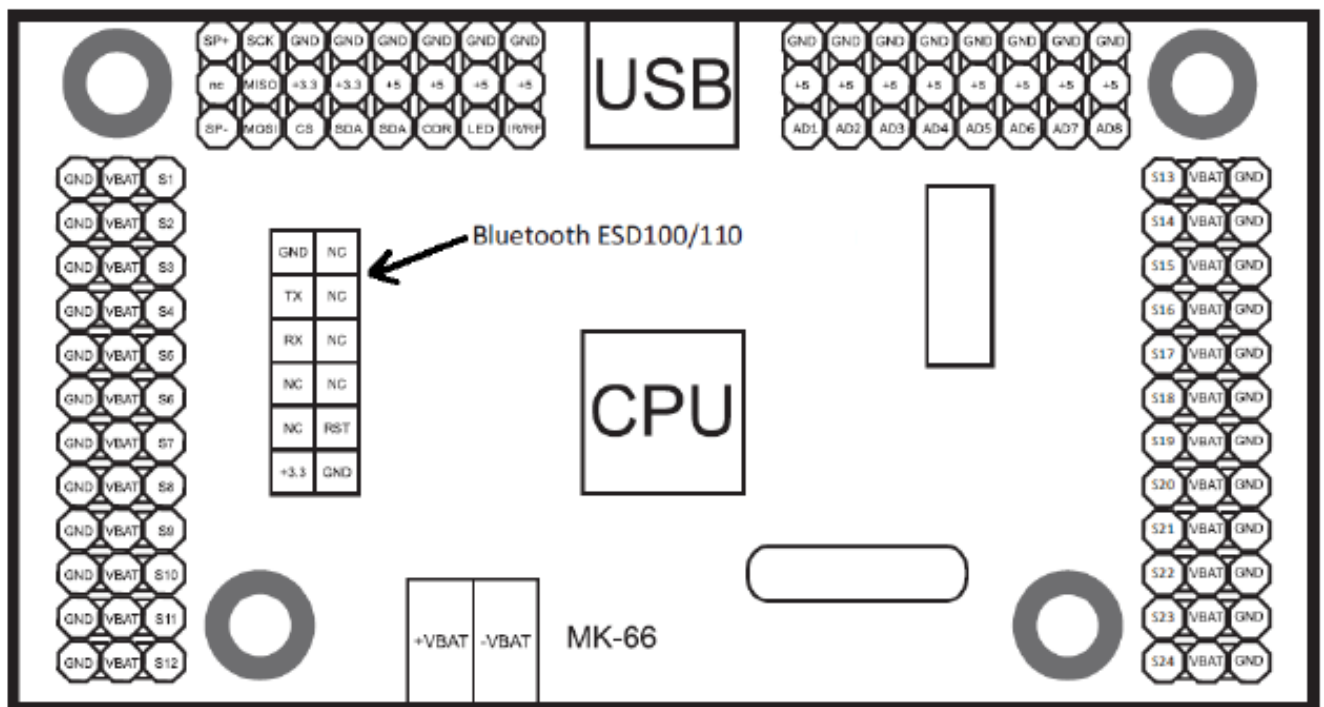


Рисунок 2.9 – Зовнішній вигляд плати МК66

Внутрішня пам'ять: 512 Кб (312 КБ доступно користувачеві);
Кількість портів введення / виводу (I / O): 40;
Кількість базових операцій: 128;
Тактова частота процесора: 60 Mhz;
Швидкість виконання мікрокоманд віртуальної машини: 100 тис. в секунду;
Розрядність віртуальної машини: 32 біта;
Кількість змінних віртуальної машини: 255 (int32);
Кількість каналів АЦП: 8;
Канали підключення RF / IR приймача: 1;
Каналів аудіо виходу: 1;
Каналів I2C: 1;
Каналів SPI (MMC Card): 1;
Каналів Open Drain (LCD): 1;
Каналів управління: 1;
Каналів UART (ESD-100): 1;
Інтерфейс сполучення з PC: USB 1.1 / 2.0 @ 1 mbit / s;
Напруга живлення зовнішніх пристроїв: 5 / 3.3 В;
Напруга живлення процесора: 3.3 В;
Захист від КЗ: інтегрована в топологію ПП;
Захист від переполюсовки: захисний діод.
Роз'єми S1-S24 використовуються для підключення сервоприводів;
Роз'єми AD1-AD8 використовуються для підключення додаткового обладнання, такого як гіроскопи, сенсори руху, сенсори відстані;
Порт IR / Rf служить для підключення ІК / Радіо приймача;
Порт LED служить для підключення світлодіодних ламп;
Роз'єми SDA використовуються для шини I2C;
Роз'єми CS і MOSI використовуються для підключення Flash пам'яті;
Порт Sp служить для підключення динаміка;
+ Vbat / -Vbat використовуються для живлення плати.

Антропоморфний робот управляється контролером сімейства ARM7: NXP LPC2138FBD64 який зображений на рисунку 2.10.

Серводвигуни – це тип електромеханічних приводів, що не обертаються постійно, як DC / AC або кроковий двигунів, а переміщуються в певне положення і зберігають його. Вони застосовуються там, де не вимагається безперервне обертання. Сервоприводи застосовують там, де необхідно перейти до конкретної позиції, а потім зупинитися і зберігати положення.

Функціональна схема зображена на рисунку 2.11. Сервопривід в свою чергу складається з: двигуна (М) перетворювача (ПР), регулятора струму (РТ), датчика швидкості (ДС), регулятора швидкості (РС), датчик кута (ДУ) і цифрового регулятора положення (ЦРУ).

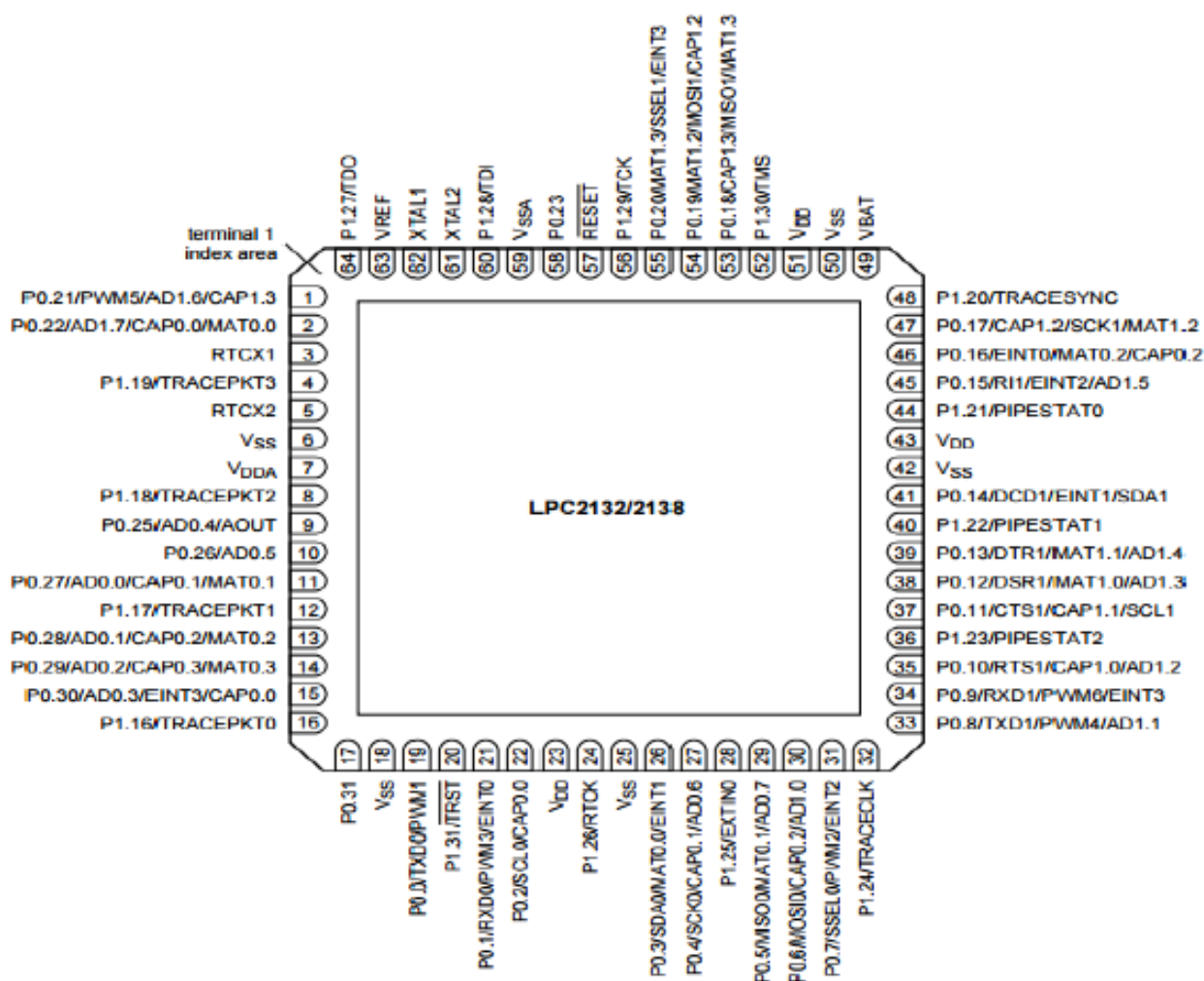


Рисунок 2.10 – Зовнішній вигляд мікроконтролера NXP 2138

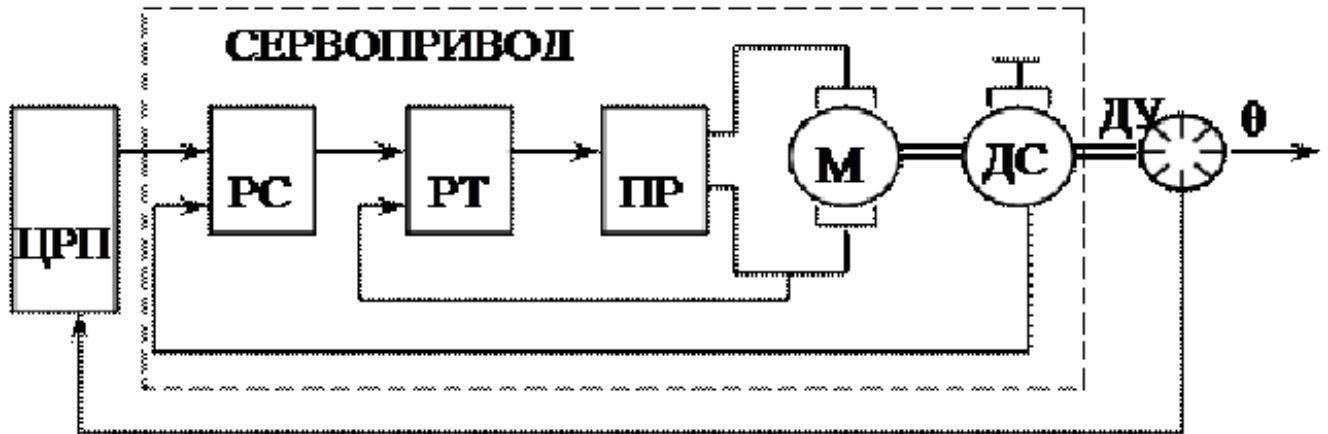


Рисунок 2.11 – Функціональна схема сервоприводу

У сервоприводах також використовується механізм зворотного зв'язку, тому він може обробляти помилки і при позиціонуванні їх виправити. Така система називається системою, що стежить. Таким чином, якщо зовнішні сили чинять вплив на привід і відхиляють його, то сервопривід буде застосовувати силу в протилежному напрямку і спробує виправити помилку. Сервоприводи застосовуються також для контролю керма RC- автомобілів, робототехніки та т.д. Існує багато видів сервоприводів, в цій роботі використано малі сервоприводи звані hobby. Hobby двигун і його механізм управління вбудований в один блок. Підключення здійснюється за допомогою трьох приєднувальних проводів. У рамках роботи будемо використовувати сервопривід DS14 зовнішній вигляд сервоприводу DS14 зображений на рисунку 2.12.

Управляти сервоприводом легко за допомогою мікроконтролера, не потрібно ніяких зовнішніх драйверів. Подаючи управляючий сигнал сервопривід буде позиціонувати на будь-який заданий кут. Довжина керуючого сигналу зазвичай 50 герц (т.е. період 20 мс), а тривалість імпульсу задає величину кута.



Рисунок 2.12 – Сервопривід DS14

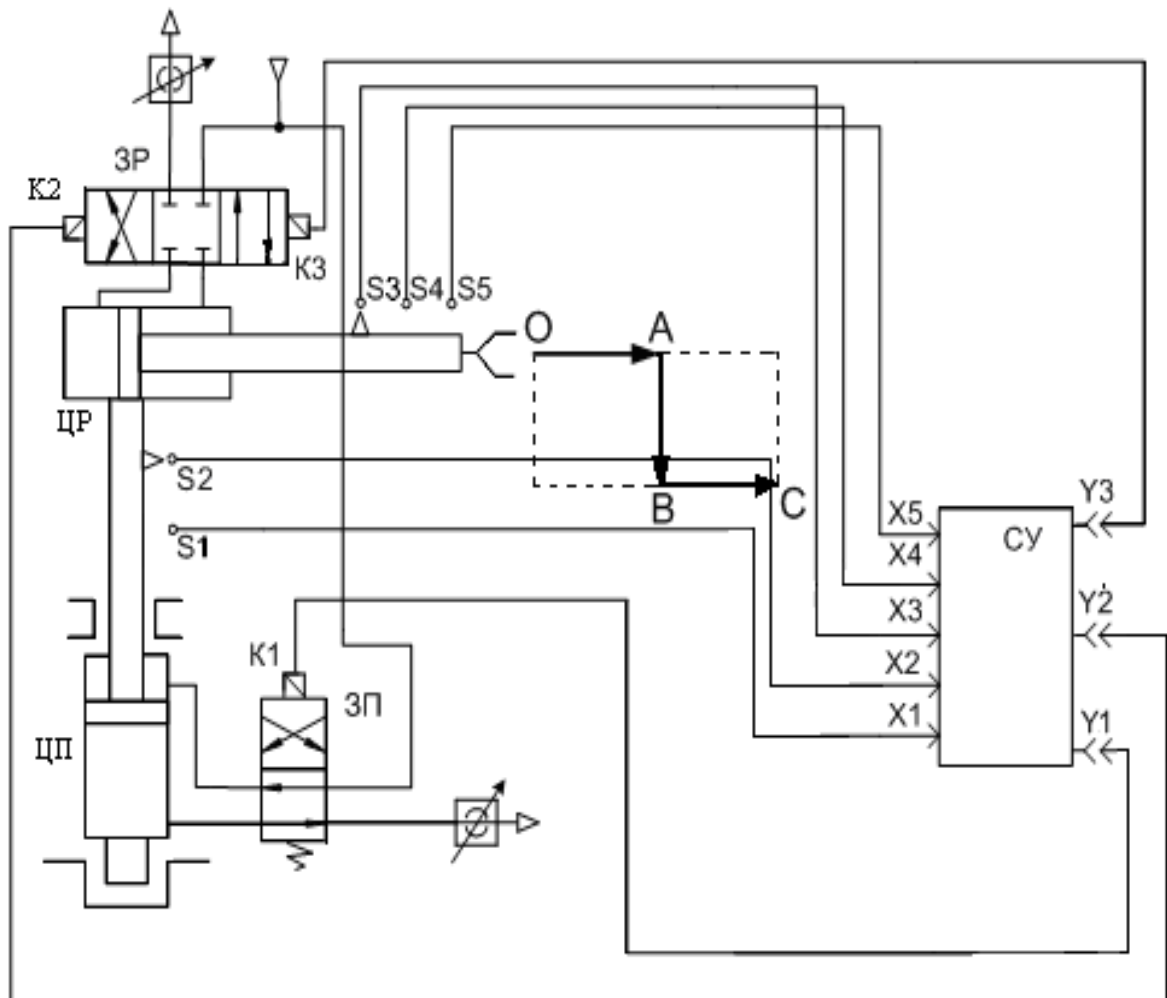


Рисунок 2.13 – Принципова схема модулю керування

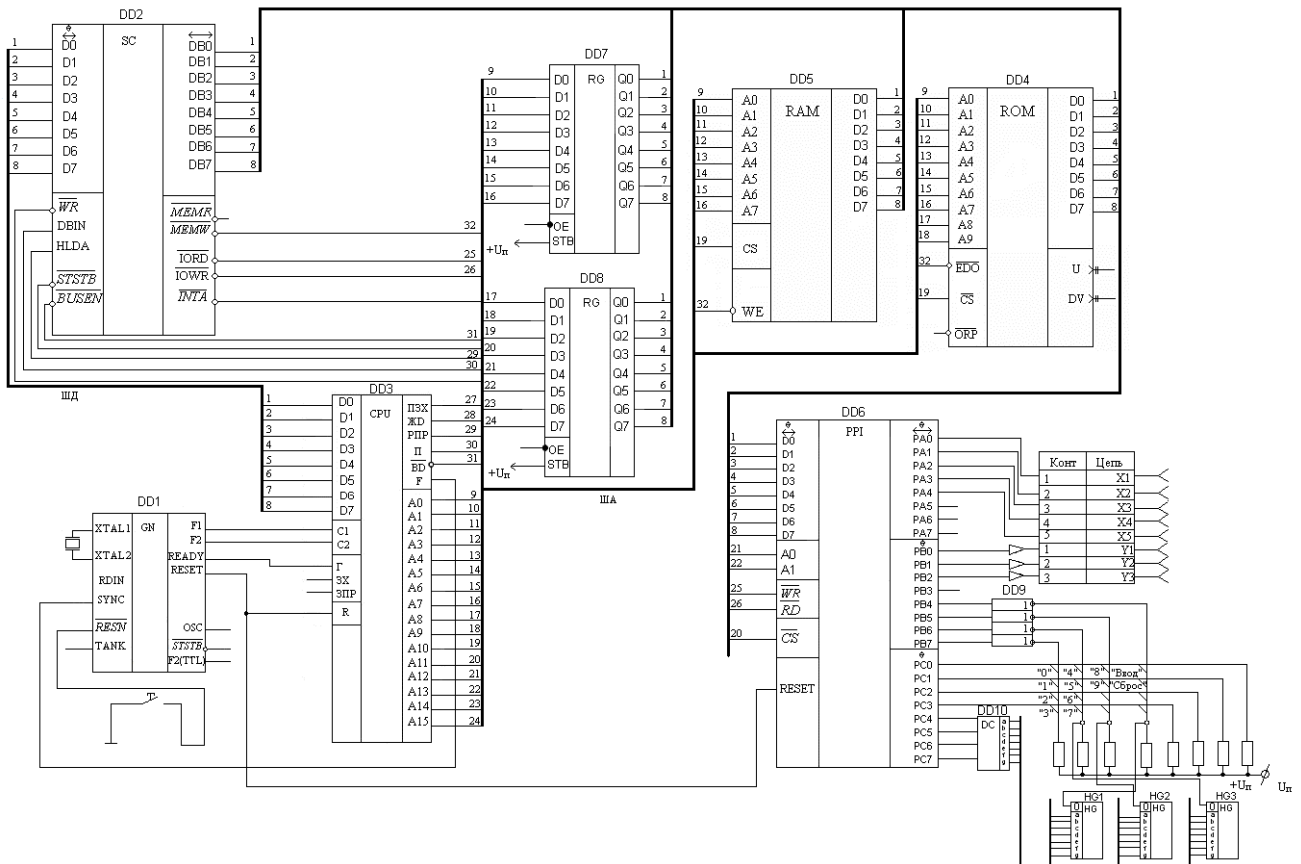


Рисунок 2.14 Електрична схема модулю керування

Сервопривід управляється подачею на нього прямокутних імпульсів по сигнальній лінії з частотою близько 50 Гц, амплітудою не менше 3.3В (часто вже не менше 4.8В), шириною стандартно від 1000 до 2000мкс, що відповідає стандартним крайнім положенням. Зазвичай реальний діапазон може бути трохи ширше (наприклад, 900-2100мкс), але це вже на розсуд конкретного виробника сервоприводів. Терморегулятори роз'єму. Три дроти чорний (коричневий), червоний, білий (жовтий) – відповідно земля, живлення і керуючий сигнал (ШІМ).

Висновки до розділу

У рамках другого розділу розглянуто математичне забезпечення управління антропоморфним захватом промислового робота. Описано основні складові.

Рухи, які забезпечуються маніпулятором діляться на:

- *глобальні* (для роботів з рухомою підставою) – рухи стійки маніпулятора, які суттєво перевищують розміри механізму;
- *регіональні* (транспортні) – рухи, які першими трьома ланками маніпулятора або його "рукою", величина яких порівнянна з розмірами механізму;
- *локальні* (орієнтуючі) – рухи, забезпечувані ланками маніпулятора, які утворюють його "кисть", величина яких значно менше розмірів механізму.

У відповідності з цією класифікацією рухів, у 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 схвата – точки М (регіональні рухи схвата); під "кистю" – ті ланки і пари, які забезпечують орієнтацію схвата (локальні рухи схвата).

Кінематичні пари маніпулятора характеризуються:

- ім'ям або позначенням КП - заголовна літера латинського алфавіту (А,В,С тощо);
- ланками, які утворюють пару (0/1,1/2 тощо);
- відносним рухом ланок у парі (для одноподвижних пар - обертальний, поступальний і гвинтове);
- рухливістю КП (для нижчих пар від 1 до 3, для вищих пар від 4 до 5);
- віссю орієнтації осі КП щодо осей базової або локальної системи координат.

Структура кінематичного ланцюга маніпулятора повинна забезпечувати потрібне переміщення об'єкта в просторі із заданою орієнтацією. Для цього

необхідно, щоб схват маніпулятора мав можливість виконувати рух мінімум з шести координатами: трьом лінійним і трьом кутовим. Розглянемо на об'єкт маніпулювання точку M , яка співпадає з центром схвата. Положення об'єкта в нерухомій (базовій) системі координат $Ox_0y_0z_0$ визначається радіусом-вектором точки M і орієнтацією одиничного вектора \bar{A} з початком цієї точки. В математиці положення точки в просторі задається в одній з трьох систем координат:

- прямокутній декартовій з координатами x_M, y_M, z_M ;
- циліндричній з координатами r_{sM}, φ_M, z_M ;
- сферичної з координатами r_{M, ψ_M}, θ_M .

При структурному синтезі механізму маніпулятора необхідно враховувати наступне:

- кінематичні пари маніпуляторів забезпечуються приводами, що включають двигуни і гальмівні пристрої, тому в схемах зазвичай маніпуляторів використовуються однорухомі кінематичні пари: обертальні або поступальні;
 - необхідно забезпечити не тільки задану рухливість схвату маніпулятора, але і таку орієнтацію осей кінематичних пар, яка забезпечувала необхідну форму зони обслуговування, а також простоту і зручність програмування його рухів;
 - при виборі орієнтації кінематичних пар необхідно враховувати розташування приводів (на підставі або на рухомих ланках), а також спосіб врівноваження сил ваги ланок.

При виконанні першої умови кінематичні пари з кількома рухливостями замінюють еквівалентними кінематичними сполуками.

Функціональна схема управління антропоморфним захватом промислового робота (рисунок 2.7) включає в себе: керуючий контролер, сервопривід, а також датчики. Для того щоб функціональна схема стала замкнутою, слід використовувати датчики різного призначення (у залежності від виконуваних завдань).

Математичний запис структурної схеми маніпулятора, що містить інформацію про число його рухливостей, вигляд кінематичних пар і їх орієнтації відносно осей базової системи координат (система, пов'язана з нерухомою ланкою). Структура

маніпулятора визначається і місцем розміщення приводів. Якщо приводи розміщуються безпосередньо в кінематичних парах, то до мас рухливих ланок маніпулятора додаються маси приводів. Сумарне навантаження на приводи і їх потужність збільшуються, а відношення маси маніпулятора до корисного навантаження (максимальній масі об'єкта маніпулювання) зменшується.

Серводвигуни – це тип електромеханічних приводів, що не обертаються постійно, як DC / AC або кроковий двигунів, а переміщаються в певне положення і зберігають його. Вони застосовуються там, де не вимагається безперервне обертання. Сервоприводи застосовують там, де необхідно перейти до конкретної позиції, а потім зупинитися і зберігати положення

У сервоприводах також використовується механізм зворотного зв'язку, тому він може обробляти помилки і при позиціонуванні їх виправити. Така система називається системою, що стежить. Таким чином, якщо зовнішні сили чинять вплив на привід і відхиляють його, то сервопривід буде застосовувати силу в протилежному напрямку і спробує виправити помилку. Сервоприводи застосовуються також для контролю керма RC- автомобілів, робототехніки та т.д.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА АЛГОРИТМІЧНОГО ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

3.1 Принцип програмного управління антропоморфним захватом промислового робота

У якості засобу реалізації модулю керування антропоморфним захватом промислового робота обрано імперативну структуровану об'єктно-орієнтовану мову програмування з суворою статичною типізацією змінних Delphi 7.

Delphi – це продукт Borland International для швидкого створення додатків. Високопродуктивний інструмент візуальної побудови додатків включає в себе справжній компілятор коду і надає засоби візуального програмування, дещо схожі на ті, що можна виявити в Microsoft Visual Basic або інших інструментах візуального проектування. В основі Delphi лежить мова Object Pascal, яка є розширенням об'єктно-орієнтованої мови Pascal. У Delphi також входять локальний SQL-сервер, генератори звітів, бібліотеки візуальних компонентів, і інше приладдя, необхідне для того, щоб відчувати себе абсолютно впевненим при професійній розробці інформаційних систем або просто програм для Windows-середовища [3].

Delphi використовує мову Pascal, структуровану мову третього покоління. Це те, що називається сильно набраною мовою. Це сприяє створенню чистого, узгодженого стилю програмування, і, що найважливіше, забезпечує надійніші програми. Pascal має значну спадщину.

Pascal з'явився порівняно пізно в історії мов програмування. Це, мабуть, виграло від цього, навчаючись у Fortran, Cobol та IBM PL / 1, що з'явилося на початку 1960-х років. Ніклаус Вірт, як стверджується, почав розробляти Паскаль у 1968 році, коли перший реалізація з'явився на комп'ютері серії CDC 6000 у 1970 році. Він витягнув свої коріння з мови ліній Algol-60 і Algol-W. Ці мови були розроблені таким чином, щоб уникнути помилок, які можуть загрожувати FORTRAN та COBOL.

Цікаво, що мова C не з'явилася до 1972 року. C спробував обслужити Паскаля зовсім іншими потребами. C був розроблений як мова високого рівня, який все ще

забезпечував доступ низького рівня, який давали мови асамблеї. Паскаль призначений для розробки структурованих, підтримуваних програм.

У 1975 році Вінт об'єднався з Дженсеном, щоб отримати остаточний довідник "Pascal" "Посібник користувача та повідомлення" Pascal. Вірт перейшов з Паскаля в 1977 році на роботу над Модулою - спадкоємцем Паскаля.

У 1982 році з'являється ISO Pascal. Приблизно в цей час продукт під назвою Compas Pascal був зроблений молодого датською людиною під назвою Андерс Хейльсберг (так, майстер C #). Цей продукт нагадував пізніше Turbo Pascal на швидкісній швидкості компіляції та виконання. Пізніше вона була перероблена та перейменована в PolyPascal компанією, що називається PolyData A / S, належала, насамперед, Андерсу Хейльсбергу, і, нарешті, була продана Borland, де в листопаді 1983 року вона з'явилася як Turbo Pascal. Turbo Pascal досяг релізу 4 1987 року. Турбо Паскаль перевершував швидкість складання та виконання, залишивши конкуренцію після його завершення.

Від Turbo Pascal до Delphi: Delphi, потужний Windows, Borland і Linux. Інструмент розробки програмування вперше з'явився в 1995 році. Він отриманий з Turbo Pascal лінійка продуктів.

Опозиція прислухалася до Турбо Паскаля, і, опинившись у ній, Borland виграла гру на об'єктно-орієнтовану версію, в основному на основі розширень орієнтації об'єктів Паскаля. Ризик окупився, з великим успіхом завдяки думці, що лежить в основі розробки IDE (Integrated Development Environment), і збереження швидкої компіляції та виконання.

Ця перша версія Delphi була дещо обмеженою порівняно з сьогоденними важкими вагами, але вдалося досягти сили того, що вона робила. І швидкість, звичайно, була ключовим фактором. Делфі пішов шляхом швидких змін до 1990-х років.

Delphi для Microsoft .Net: З цієї першої версії, Delphi пройшло 7 додаткових ітерацій, перш ніж Borland вирішив взяти участь у конкурсі у формі Microsoft? .Net архітектури з кроковим каменем Delphi 8, а потім повністю з Delphi 2005 і 2006.

Делфі, однак, як і раніше, залишається, на думку автора, кращим інструментом розробки для окремих додатків Windows і Linux. Паскаль є більш чистим і набагато більш дисциплінованим мовою, ніж Basic, і набагато краще адаптований до орієнтації об'єкта, ніж Basic.

Тепер Delphi надається: Embarcadero. І є безкоштовні Open Source Implementations Object Pascal за назвою «Free Pascal» та Delphi за назвою «Lazarus».

Вищезгадане програмне забезпечення можна придбати на своєму сайті через торговельні послуги, подібні до тих, що знаходяться через служби флагманських торговців та аналогічних компаній.

Насамперед Delphi призначений для професійних розробників, бажаних дуже швидко розробляти додатки в архітектурі клієнт-сервер. Delphi виробляє невеликі за розмірами (до 15-30 Кбайт) високоефективні виконувані модулі (.exe і .dll), тому в Delphi повинні бути насамперед зацікавлені ті, хто розробляє продукти на продаж. З іншого боку, невеликі за розмірами і швидко виконувані модулі означають, що вимоги до клієнтських робочих місцях істотно знижуються – це має важливе значення і для кінцевих користувачів.

Переваги Delphi порівняно з аналогічними програмними продуктами.

- швидкість розробки програми;
- висока продуктивність розробленого додатка;
- низькі вимоги розробленого додатка до ресурсів комп'ютера;
- нарощуваність за рахунок вбудовування нових компонентів і інструментів у середі Delphi;
- можливість розробки нових компонент та інструментів власними засобами Delphi (існуючі компоненти та інструменти доступні у вихідних кодах);
- вдале опрацювання ієрархії об'єктів.

Система програмування Delphi розрахована на програмування різних додатків і надає велику кількість компонентів для цього [9].

До того ж працедавців цікавить перш за все швидкість та якість створення програм, а ці характеристики може забезпечити тільки середовище візуального

проектування, здатне взяти на себе значні обсяги рутинної роботи по підготовці додатків, а також узгодити діяльність групи постановників, кодувальників, тестерів і технічних письменників. Можливості Delphi повністю відповідають цим вимогам і підходять для створення систем будь-якої складності [3]

Загальна схема створення програми керування антропоморфним захватом промислового робота виглядає наступним чином:

1. Створення файлу проекту мовою Delphi 7.
2. Компіляція файлу проекту (при цьому текст проекту перевіряється на наявність синтаксичних помилок і, в разі їх відсутності, створюється вихідний hEX - файл).
3. При виявленні помилок – редагування програми мовою Delphi 7 і компілювання проекту до тих пір, поки всі помилки не будуть виправлені.
4. Після успішної компіляції, тобто, якщо в проекті відсутні синтаксичні помилки, створюється вихідний hEX-файл.
5. Запустити програмне забезпечення - програматора. З'єднати кабелем USB-порт комп'ютера з USB-програматором і з'єднати ICD2 -кабелем USB - програматор плату управління через роз'єми ICD2.
6. Завантажити hEX -файл в плату Управління.
7. Запустити програму на виконання і перевірити виконання Роботом всіх необхідних операцій. При виявленні будь-яких помилок в роботі робота, повернутися до редагування програми мовою Delphi 7, скомпілювати і ще раз завантажити отриманий hEX -файл в плату Управління. Виконати цю послідовність дій доти, поки робот не буде правильно виконувати всі операції.

У випадку нетипової ситуації, програма проводить попередню діагностику проблеми. Якщо мінімально необхідний список алгоритмів не дає розв'язку проблеми, то результати попередньої діагностики передаються на Центральний комп'ютер, де відбувається її кінцеве узагальнення після чого, на основі бази нетипових ситуацій, пропонується новий алгоритм функціонування.

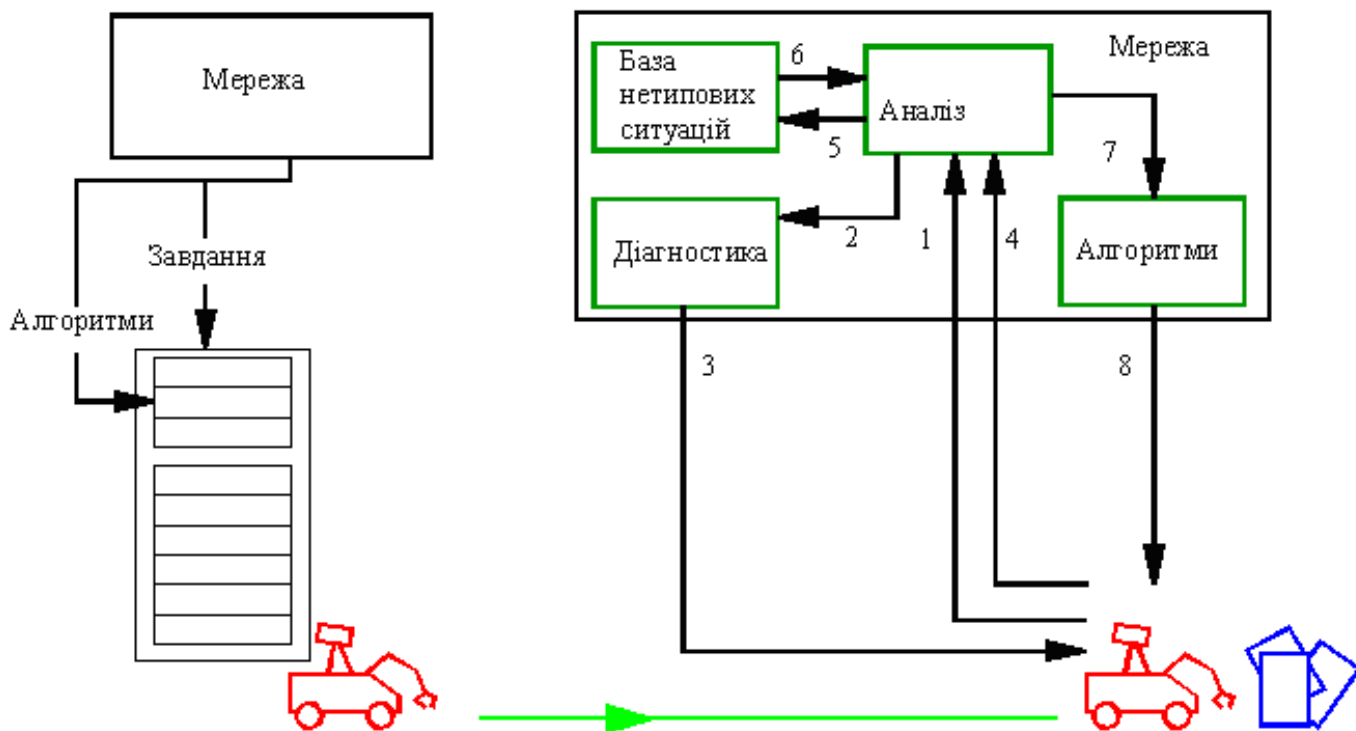


Рисунок 3.1 – Структурна схема роботи програми керування промисловим роботом [6]

Мінімально необхідний список пакетів не є достатнім. Тому в нетипових ситуаціях необхідна допомога людини. Для взаємодії з людиною робот має алгоритм спілкування за принципом “роби як я”. Однією з необхідних умов реалізації цього алгоритму є створення органів технічного зору та слуху. Прикладом таких систем можуть бути роботизовані системи обслуговування складів, супермаркетів, а також проект очищення території Чорнобильської АЕС радіоактивного забруднення.

Методика побудови математичної моделі керування антропоморфним захватом промислового робота (рис. 3.2) здійснює формування агента-актора, що задається табличною формою, і агента, описуваного в аналітичному вигляді, на основі вхідних кількісної та якісної інформації, що вводиться оператором і даних, що надходять від датчиків роботи. При цьому синтезується математичний опис взаємозв'язків завдань у вербальній формі з використанням атрибута «Ім'я».

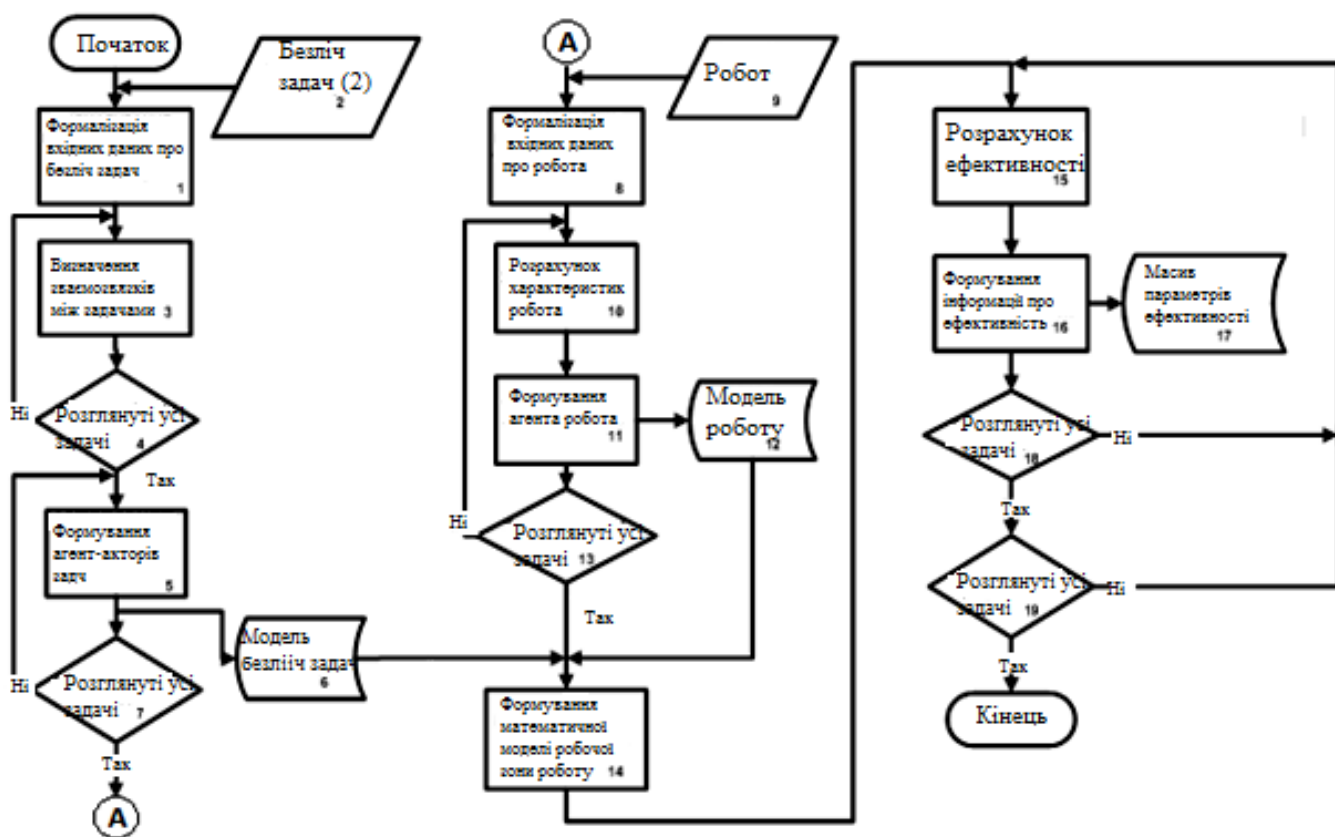


Рисунок 3.2 – Структурна схема методики побудови математичної моделі робочої зони промислового робота.

Значення атрибутів визначаються на основі фреймової моделі (рис. 3.3).

Синтезовано структуру багатокомпонентної математичної моделі робочої зони, де кожен з агентів-акторів характеризується наступними атрибутами: P_j «Ціна», T_j « Час виконання », L_j « Місцезнаходження », L'_j «Зміна місця розташування робота при виконанні завдання» Q_j «Стан », ξ'_i «Зміна енергоємності при виконанні завдання», F_j/C_j « Предок / Нашадок ».

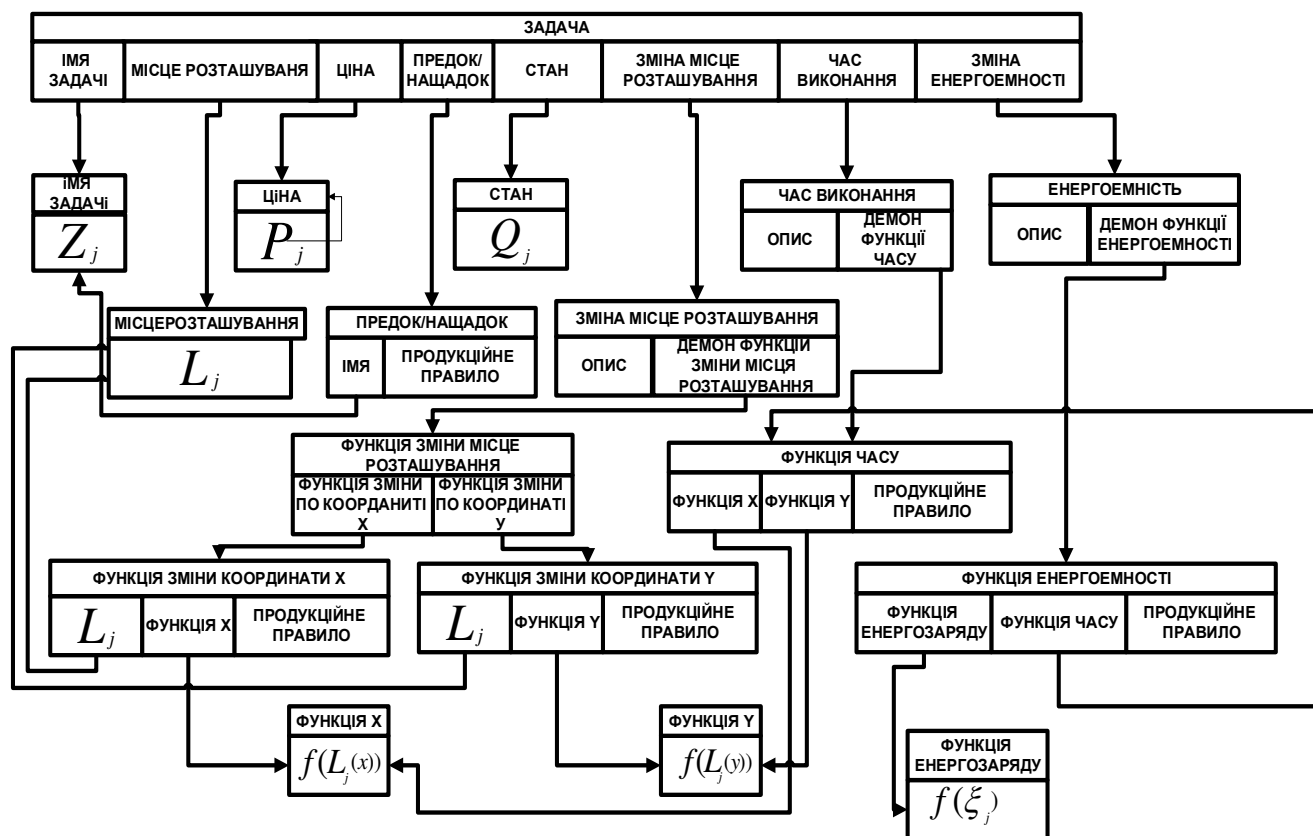


Рисунок 3.3 – Фреймова модель атрибутів агента-актора

Агент, що описує математичну модель, володіє наступним набором атрибутів: L_i « Місцезнаходження », $L_i(t)$ « Розрахункове місце розташування », L'_i «Цільове місце розташування», V_i «Швидкість», V'_i «Напрямок руху», ξ_i « Енергоємність », $\xi_i (\min)$ «Мінімальна енергоємність», $\xi_i (t)$ « Розрахункова енергоємність » ξ'_i « Цільова енергоємність », Q_i «Стан». Структура математичної моделі агента, що описує діагностику робота, має вигляд [11]

$$\left\{ \begin{array}{l} V_i' = \arctg \left(\frac{2\pi R |n_2 - n_1|}{l N \Delta t} \right); \\ V_i = \frac{\pi R |n_2 + n_1|}{N \Delta t} \cos \left(\arctg \left(\frac{2\pi R |n_2 - n_1|}{l N \Delta t} \right) \right); \\ x_i'(\Delta t) = x_i + V_i \Delta t \sin \alpha; \\ y_i'(\Delta t) = y_i + V_i \Delta t \cos \alpha; \\ \xi_i' = a_0 \Delta t^3 + a_1 \Delta t^2 + a_2 \Delta t + a_3; \end{array} \right. \quad (3.1)$$

де R – радіус колеса (табличне значення), n - кількість імпульсів енкодера за період Δt , N - кількість імпульсів енкодера за один оборот колеса (табличне значення); l - осьова відстань між коліс; V_i описує швидкість переміщення робота; V_i' описує кут відхилення вектора швидкості від колісної осі робота, x_i, y_i - початкові координати робота; x_i', y_i' - координати агента -робота в момент часу Δt ; ξ_i' описує зміну енергозарядів; Δt - фіксований момент часу розрахунку характеристик робота.

Для визначення ефективності виконання безлічі завдань роботом використовується математична модель, для цього введена функція «робот - завдання» $\gamma_1^{i,j}$, що враховує витрати енергоємності на пересування робота до j -й задачі (1.5), і функція « робот - завдання » $\gamma_2^{i,j,v}$, що оцінює відстань між i -й завданням робота і положенням робота з групи для можливості розосередження роботи по робочій зоні (3.2).

$$\gamma_1^{i,j} = \begin{cases} 1 - \frac{\xi_i' \left(\frac{L_{ij}}{V_i} \right)}{\xi_i}, & \text{якщо } \xi_i - \xi_i'(t) < \xi_i(\min), \\ 0, & \text{якщо } \xi_i - \xi_i'(t) > \xi_i(\min), \end{cases} \quad (3.2)$$

$$Y_2^{i,j,v} = \begin{cases} \frac{l_{i,j,v}^C}{l_{\max}^C}, \text{ якщо } l_{i,j,v}^C < l_{\max}^C \\ 0, \text{ якщо } l_{i,j,v}^C > l_{\max}^C \\ v \neq j; \end{cases} \quad (3.3)$$

де $L_{i,j}$ – відстань від місця розташування j -го завдання, описаного атрибутом L'_i «Цільове місце розташування», до місця розташування робота, описаного атрибутом L_i « Місцезнаходження »; V_i – швидкість робота; $\xi'_i(\frac{L_{i,j}}{V_i})$ - енергозарядів, витрачений на досягнення j -го завдання; ξ_i - енергозарядів робота; $l_{i,j,v}^{CI}$ – відстань від місця розташування j -го завдання, описаного атрибутом актора L_j^Z (місцезнаходження) до місця розташування робота, описаного аспектом агента L_i^R (Початкове місце розташування) робота з групи; l_{\max}^{CI} - найкоротше значення відстані

Для перевірки адекватності побудованої математичної моделі побудована фізична модель. Адекватність моделі оцінюється традиційними методами з використанням критерію Фішера по вихідній координаті (рівень енергозарядів робота). Результат перевірки – значення критерію Фішера $F = 3,61$, при табличному значенні $F_0(f_1, f_2) = 3$ при рівні значущості $\alpha = 0,05$, що свідчить про адекватність моделі.

Середня квадратична відносна помилка розрахунків за моделлю не перевищує 0,8%, максимальна відносна помилка - 1,6%. Максимальна відносна помилка розрахунків за моделлю енергоємності батареї робота - 1%.

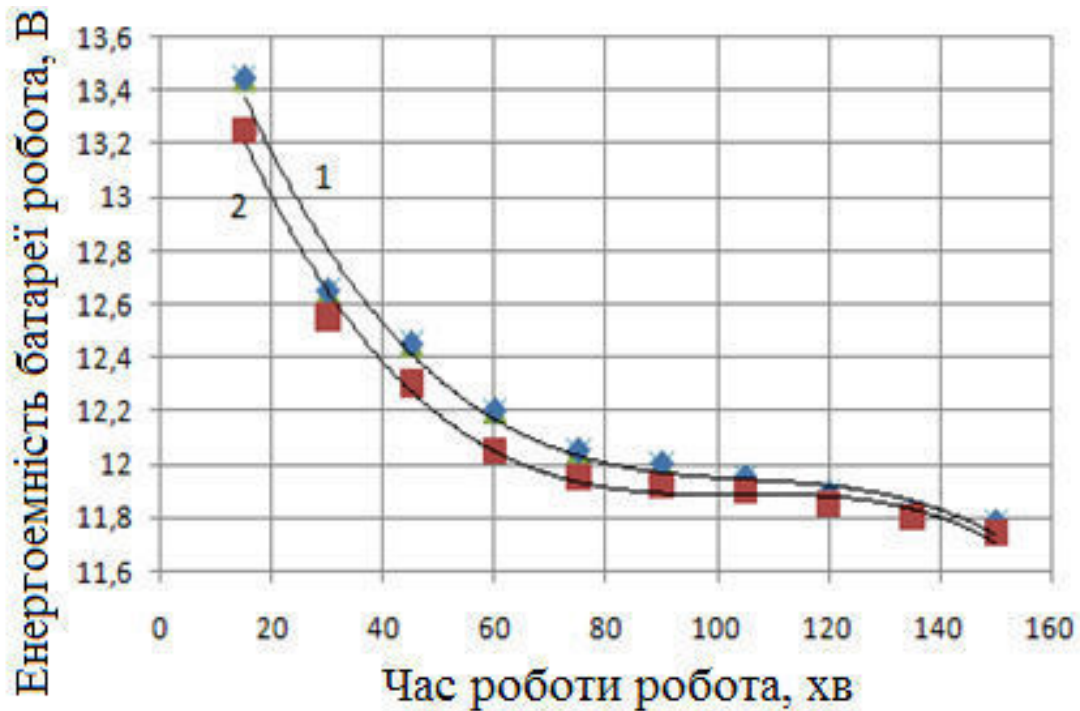


Рисунок 3.3 – Оцінка адекватності моделі робота

1 – експериментальна; 2 – розрахована по моделі

Контролююча система, побудована з використанням самоорганізації, повинна мати можливість генерувати різні траєкторії впливу керуючих параметрів на об'єкт. Система повинна вибрати таке управління, при якому забезпечується задана вірогідність контролю P_k^d k – того параметру. Траєкторії керуючих параметрів формуються за різними законами, які можуть описуватися або статичними рядами, або рядом Лорану, або дрібно-раціональними рядами.

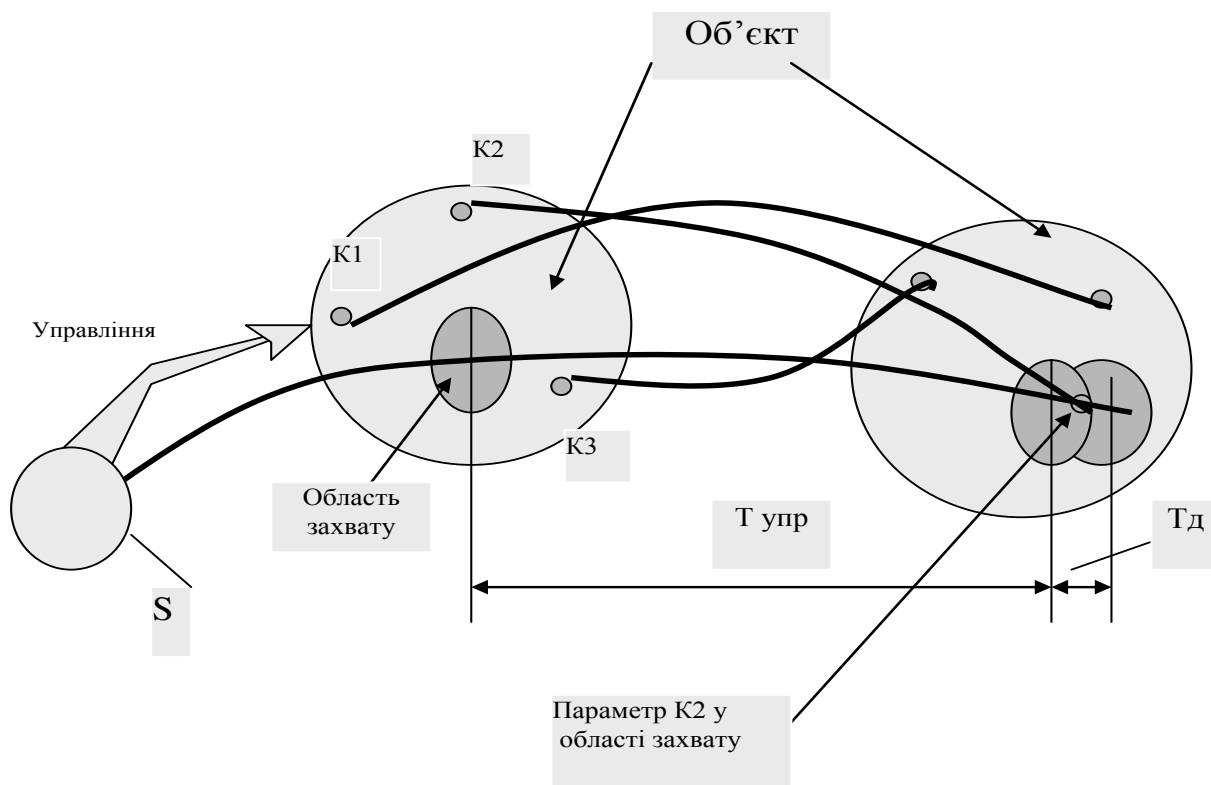


Рисунок 3.4 – Взаємодія системи S і об'єкта контролю O [15]

Розглянемо визначення достовірності, коли між значеннями контрольованих параметрів і тестовим сигналом, вироблюваним системою, існує функціональна залежність. На рис.3.5 наведено випадки 1 і 2. У першому випадку вимірюваний параметр не виходить за межі допусків. У другому випадку вимірюваний параметр виходить за межі допусків. Величина площ в S_n нижній і S_v верхньої частин кривої, що виходить за допуски, визначає величину ймовірності виходу вимірюваної величини за норму. Тоді сума площ нижньої і верхньої частин представляє область непрацездатного стану і являє ймовірність помилкової відмови. У цьому випадку можемо записати [10]:

$$P_{lo} = S_v + S_n = \left\{ \left[(U_{\min}^d - U_{\min}) * O_{\min}^d - \int_{U_{\min}}^{U_{\min}^d} \sum_{i=0}^{\infty} O_{xi}(u) * U^i * du \right] + \right. \\ \left. + \int_{U_{\max}}^{U_{\max}^d} \sum_{i=0}^{\infty} O_{xi}(u) * U^i * du - (U_{\max} - U_{\max}^d) * O_{\max}^d \right\} / S_{\Sigma},$$

де $U_{\max}^d, U_{\min}^d, U_{\max}, U_{\min}$ – нормовані величини параметрів контролю;

$O_{xi}(u)$ – коефіцієнти при розкладанні щільності ймовірності i -го параметру у ряд;

S_{Σ} – площа обмежена O_x .

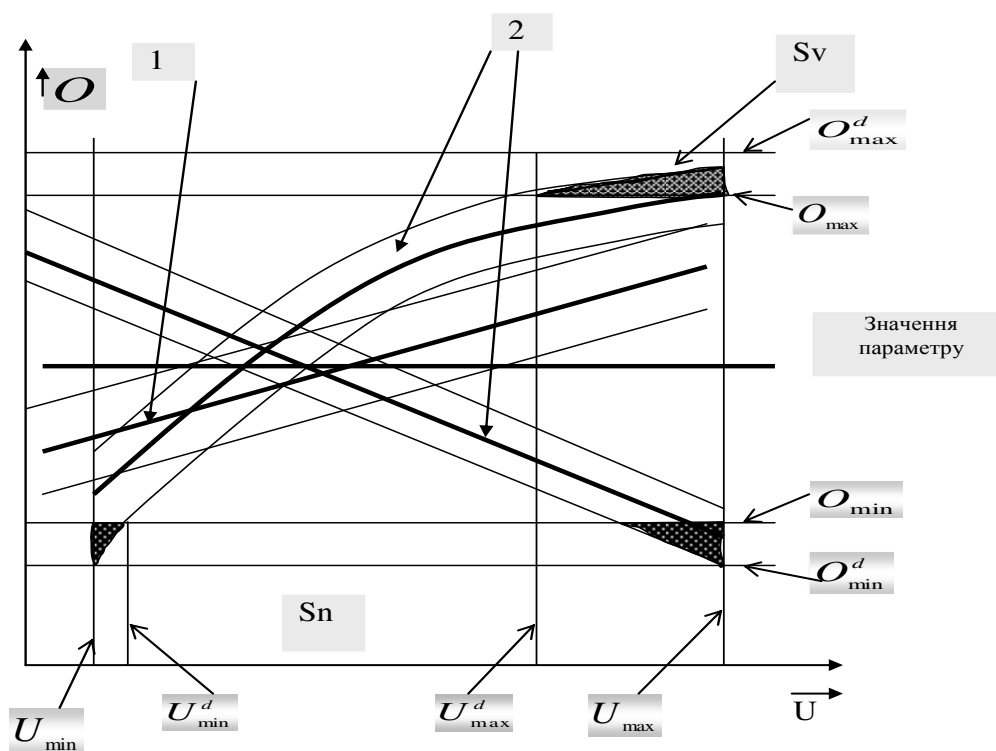


Рисунок 3.5 – Імовірність помилкової відмови [12]

Звернемося до рис.3.6. У першому випадку вимірюваний параметр знаходиться поза полем допуску. У другому випадку вимірюваний параметр знаходиться поза полем допуску. Частина кривої, що характеризує залежність між тестовим сигналом і параметром, знаходиться в полі допуску. Це свідчить про те,

що при певних значеннях керуючого сигналу може наступити невиявлена відмова. Це зазначено площею S_v і S_n , лежить між кривою залежності $O_x = f(u)$ і O_{\max}^d . Виходячи з графічного представлення моделі не виявленої відмови, визначимо площу, що вклинюється в допустиму межу. Отримуємо, що величина P_{no} - ймовірності не визначеної відмови визначиться наступним рівністю

$$P_{no} = \left[(U_{\max} - U_{\max}^d) * O_{\max}^d - \int_{U_{\max}^d}^{U_{\max}} \sum_{i=0}^{\infty} O_{xi}(u) * U^i * du - (U_{\min}^d - U_{\min}) * O_{\min}^d + \int_{U_{\min}^d}^{U_{\min}} \sum_{i=0}^{\infty} O_{xi}(u) * U^i * du \right] / S_{\Sigma}.$$

Значення розрахованих коефіцієнтів параметрів в нижній і верхній площах різняться. Тому при розрахунку необхідно обчислювати два незалежних інтеграла.

Для St стратегії, з k кроками, задача знаходження мінімуму тимчасових витрат формулюється як

$$\min_{st \in \{St^0\}, t_{fi} \in \{T_{fi}\}, t_{oi} \in \{T_{oi}\}} \left(C(St) = \sum_{i=1}^k (t_{fi} - t_{oi} + \Delta t) * (1 - P_{pr}(k, St)) + t_{mj} * (1 - P_m(St)) \right),$$

де St^0 - простір стратегій.

Обмеження:

$$P_m(St) * \prod_k (P_{pr}(k, St)) = P_a(St) = \alpha_0,$$

$$0 < P_{pr}(k, St) < 1; 0 < P_m(St) < 1.$$

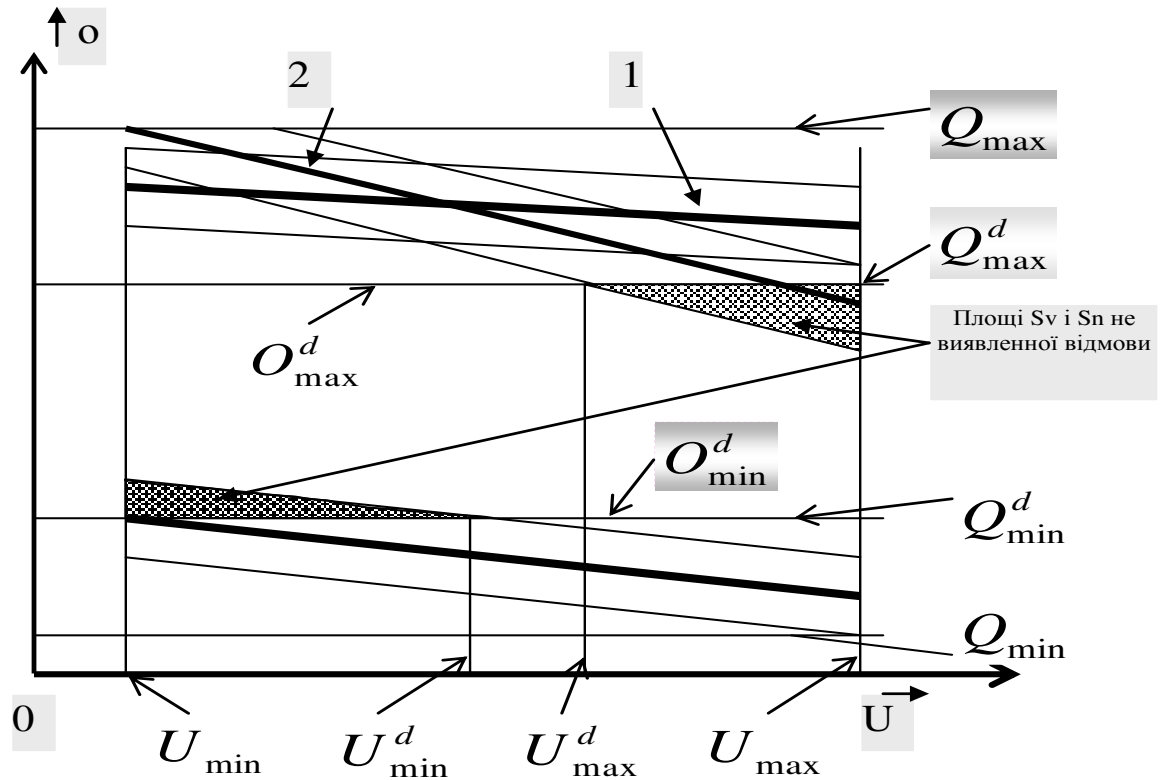


Рисунок 3.6 – Ймовірність не виявленої відмови [12]

В результаті рішення поставленої задачі отримана наступна залежність:

$$\begin{aligned}
 P^d = & \left\{ 1 - [(U_{\min}^d - U_{\min})_1 * O_{\min 1}^d - (U_{\max} - U_{\max}^d)_1 * O_{\max 1}^d] + \int_{U_{\min}}^{U_{\min}^d} \sum_{i=0}^{\infty} O_{xi}(u) * U^i * du + \int_{U_{\min}}^{U_{\max}^d} \sum_{i=0}^{\infty} O_{xi}(u) * U^i * du \right. \\
 & \left. + (U_{\max} - U_{\max}^d) * O_{\max}^d - \int_{U_{\max}^d}^{U_{\max}} \sum_{i=0}^{\infty} O_{xi}(u) * U^i * du - (U_{\min}^d - U_{\min}) * O_{\min}^d + \int_{U_{\min}}^{U_{\min}^d} \sum_{i=0}^{\infty} O_{xi}(u) * U^i * du \right\} / S_{\Sigma} = \\
 & = \sqrt[k]{\alpha_0 / c}.
 \end{aligned}$$

$$\text{де } c = \prod_{i=1}^k \frac{t_{f1} - t_{01} + \Delta t}{t_{fi} - t_{0i} + \Delta t}.$$

Наведене вище рівняння дозволяє:

1. Визначати оптимальні значення допустимих меж U_{\min}^d, U_{\max}^d , виходячи із заданих значень α_0 і отриманих раніше значень коефіцієнтів параметра O_i .

2. Розрахувати параметр – достовірність процесу діагностики та контролю при заданих межах U_{\min}^d, U_{\max}^d та отриманих значеннях коефіцієнтів параметра O_i .

Другий пункт є найбільш важливим для технічної діагностики, так як дозволяє розраховувати параметри управління, що забезпечують заданий рівень достовірності контролю.

Якщо припустити, що між змінними t_m та $P_m(St)$ існує зв'язок у вигляді статевого ряду Тейлора $t_m = \sum_{i=0}^{\infty} a_i * P(St)_m^i$, то значення t_m , при якому буде максимальне значення надійності контролю при мінімумі витрат, визначаються з умови $\frac{dC(St)}{dP(St)_m} = 0$. При лінійній залежності $t_m = a_0 + a_1 * P_m$ величина P_m (замість $P(St)_m$ пишемо P_m) визначається (з урахуванням формул для коефіцієнтів a_1, b_1)

$$P_m = \frac{a_1}{(t_{f1} - t_{o1} + \Delta t)} * P_{pr}(1, St) = \frac{a_1}{(t_{f1} - t_{o1} + \Delta t)} * \sqrt[k]{\alpha_0 / c}.$$

У разі нелінійної квадратичної залежності $t_m = a_0 + a_1 * P_m + a_2 * P_m^2$, отримуємо

$$P_m = \frac{-a_1 \pm \sqrt{a_1^2 + 8 * a_2 * (t_{f1} - t_{o1} + \Delta t) * P_{pr}(1, J)}}{-4a_2};$$

$$t_{o1} \leq \frac{a_1^2 + 8 * a_2 * (t_{f1} + \Delta t) * \sqrt[k]{\frac{\alpha_0}{c}}}{8a_2 * \sqrt[k]{\frac{\alpha_0}{c}}}.$$

При нелінійних залежностях вище другого ступеня необхідно використовувати ітераційні методи рішення нелінійних рівнянь.

Таким чином, на підставі проведених досліджень можна зробити наступні висновки:

- Підвищення достовірності контролю і точності управління для технічної діагностики досягається шляхом корекції порогів відповідно до обчислюваних коефіцієнтів – їх параметрів. Якщо вимірюваний параметр представляє залежність від сигналу управління U , то знаходження цієї залежності і визначення скоригованого діапазону допустимих параметрів підвищують достовірність діагностування, дозволяють провести розрахунок функції стану контрольованого об'єкта з урахуванням всіх найважливіших параметрів, а саме: достовірності контролю, діапазону зміни параметрів;

- з метою забезпечення заданої надійності і для зменшення втрат, що можуть виникнути через неякісну діагностику, необхідно застосовувати методи вимірювання, що дозволяють використовувати структурну надмірність вимірювальної частини схеми.

3.2 Програмна реалізація управління

Програмне забезпечення системи керування антропоморфним захватом промислового робота має враховувати можливість використання його на портативному комп'ютері типу NoteBook. З одного боку ПК має максимальну кількість портів вводу-виводу (RS-232, LPT, USB, ІЧ-порт), а з іншого – обмежений розмір оперативної пам'яті (ОЗП) і відеопам'яті. Також ПК має порівняно зі стаціонарним комп'ютером більш низьку швидкодію вінчестера і швидкість виведення графічної інформації на екран. Поліпшення ж цих параметрів тягне за собою невиправдане зростання вартості ПК. Виходячи з цих особливостей все програмне забезпечення розбито на блоки (рис.3.7), кожен з яких враховує ці особливості.

З функції програмного забезпечення входить забезпечення процесу вимірювань і передача даних або безпосередньо на ПК, або через посередника – другий мікроконтролер зв'язку, який працює спільно з контролером USB порту USBN9602. У разі відсутності необхідності у високошвидкісному обміні даними між вимірювальним модулем (ВМ) та ПК, зв'язок може здійснюватися по інтерфейсу RS-232.

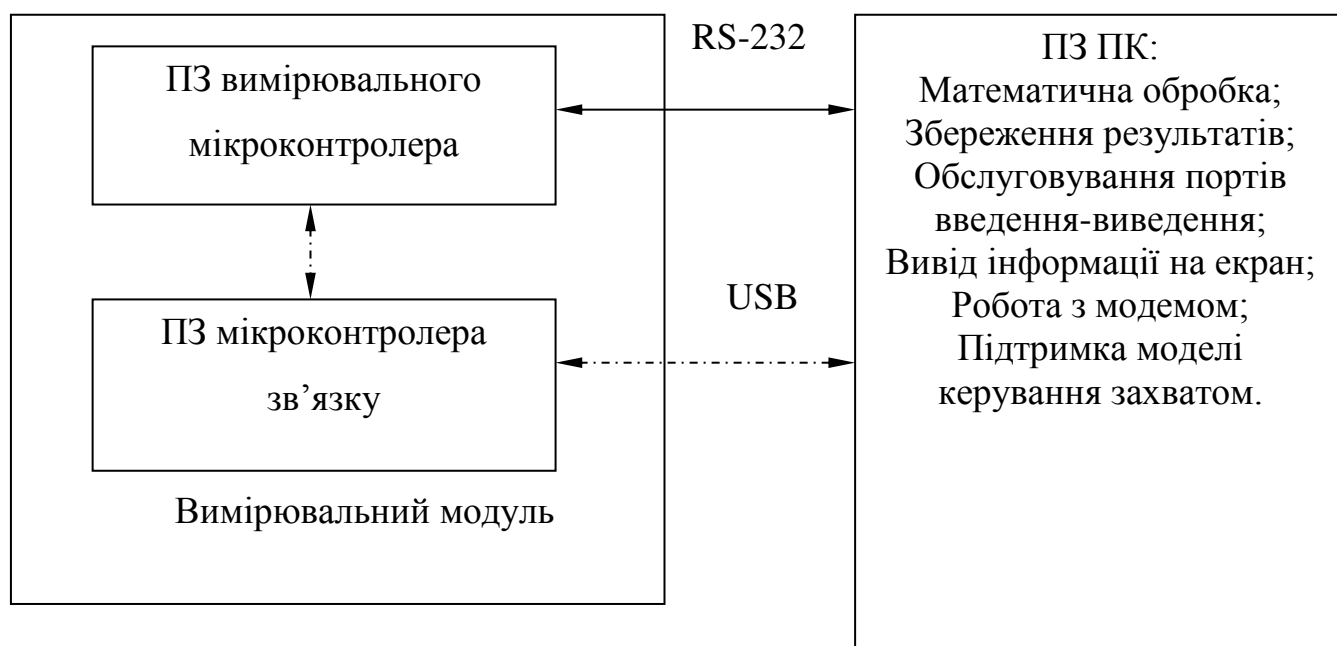


Рисунок 3.7 – Структура програмного забезпечення

Вимірювання по декількох каналах повинні відбуватися в строго певні моменти часу. Для цих цілей використовується 16-ти розрядний таймер – лічильник, який вбудований у вимірювальний мікроконтролер (ВМК). Спочатку він завантажується значенням за замовчуванням з вбудованими в ВМК FLASH пам'яті програм і даних. Потім, у разі потреби, його значення може бути відкориговано спеціальної керуючої командою, надісланою з ПК. Таймер налаштовується на мінімальний проміжок часу між двома послідовними вимірюваннями на каналі. Великі проміжки часу між відліками виходять за допомогою 8-ми (для восьми

надходження даних вимірювань. Різниця цих швидкостей впливає на обсяг резервованої пам'яті ОЗП ВМК, яка, як правило, невелика.

Робота ВМК в основному побудована на обробці переривань від таймерів-лічильників і портів введення-виведення.

ПЗ реалізовано з використанням двох потоків. Перший потік обслуговує обмін даними з ВМК через порт введення-виведення. Другий потік виконує всі дії, пов'язані з обробкою сигналів (рис.3.7). Враховуючи більш повільну роботу ПК в порівнянні зі стаціонарним комп'ютером і різну передачу кольору дисплеїв, був введений набір профілів. Найбільш важливим параметром в них є кількість виведених одночасно на дисплей точок графіка, частота оновлення інформації, її кількість (число графіків, спектри, і т.д.). Всі точки графіків мають повну прив'язку до часу, який також відображається на екрані.

Враховуючи перераховані вище особливості: скорочення витрачання ОЗП, обмеження в кількості інформації, що в реальному масштабі часу інформації, збереження даних безпосередньо на вінчестер минаючи стандартні драйвера баз даних дозволили використовувати дане ПЗ навіть на ПК з низькою продуктивністю [4].

В силу того, що виміряні дані зберігаються повністю і без перетворення, можна застосовувати будь-яку їх математичну обробку, таку як фазочастотний аналіз і моделювання. Глибина проведеної математичної обробки в реальному масштабі часу обмежується тільки продуктивністю ПК.

Попередньо збережені дані можна передати через модем за доступними каналами зв'язку на інший ПК з тим же самим програмним забезпеченням. Для передачі даних з систем стільникового зв'язку стандарту GSM поряд з роботою через модем стільникового телефону, перспективним є передача даних по протоколу GPRS на увазі його більш високої швидкості роботи і функціональності. Перед початком передачі даних необхідно вибрати початковий момент проведення вимірювань і величину часового проміжку. На приймаючій стороні досить вибрати лише джерело надходження даних (стільниковий телефон, зовнішній / внутрішній

модем), а також атрибут збереження даних. Все інше (розпізнавання стану модему, відображення даних і т.д.) буде робитися автоматично.

Робота з модемом ведеться за допомогою так званих АТ-команд. Програмне забезпечення має з модемом двосторонній зв'язок і контролює виконання ним кожної команди.

Забезпечення високої достовірності контролю параметрів пристрою, що діагностується може бути забезпечено точністю процесу вимірювання. Найбільш бажаними є методи з використанням ітераційних процедур. Структурна схема, пояснює принцип роботи методу наведена на рис. 3.9.

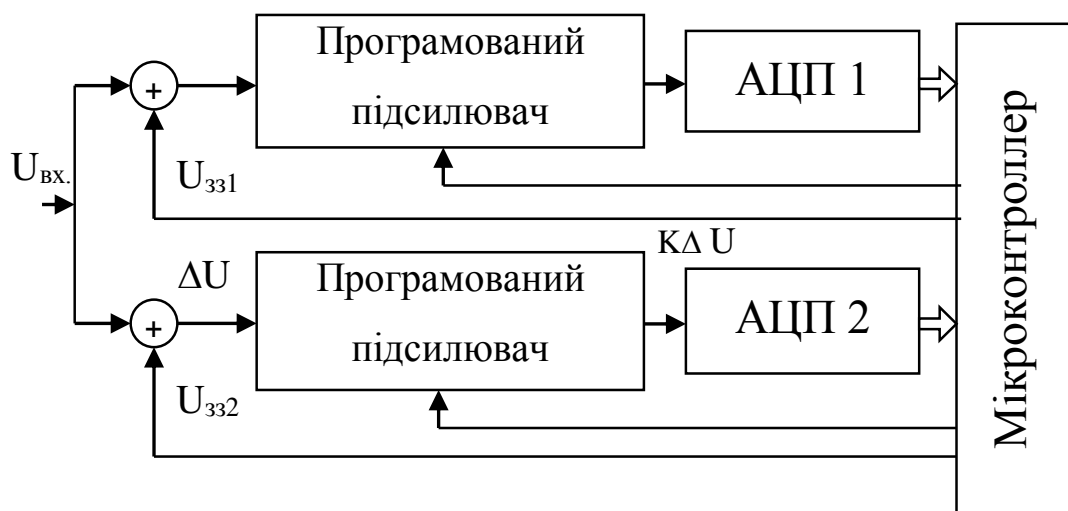


Рисунок 3.9 – Структурна схема вимірювального тракту [7]

Вхідна напруга $U_{вх.}$ поступає одночасно на два ідентичних вимірювальних тракти. Кожен з них складається з суматора, підсилювача з програмованим коефіцієнтом підсилення (ПП) і аналого-цифрового перетворювача (АЦП). Для першого тракту коефіцієнт посилення ПП $K_1 = 1$, а напруга зворотного зв'язку $U_{зз1} = 0$. Напруги зворотного зв'язку $U_{зз1}$ і $U_{зз2}$ і всі сигнали управління формуються мікроконтролером. До точності виставлення напруг зворотного зв'язку пред'являються підвищені вимоги.

Алгоритм роботи методу наступний.

Вхідна напруга $U_{\text{вх}}$ надходить на вхід двох каналів, зібраних на програмованих операційних підсилювачах. Аналого-цифровий перетворювач проводить вимірювання напруги, що надходить на вхід першого тракту $\{U_{\text{вх}}\}$. Аналогічне вимірювання відбувається на другому каналі, з тією лише різницею, що на вхід суматора надходить сигнал зворотного зв'язку $U_{\text{зз}} = -\{U_{\text{вх}}\}$, і віднімається з вхідного сигналу. Різницевий сигнал $U_r = U_{\text{вх}} - \{U_{\text{зз}}\}$ посилюється і відбувається його вимір. Далі процедура повторюється, для різницевого сигналу U_r , до тих пір поки не буде досягнута необхідна точність $|U_r| \leq \varepsilon$, де ε - мала наперед задана величина.

У початковий момент часу $U_{\text{зз2}}$ і $K_2 = 1$ (рис.3.10), АЦП1 виміряти значення вхідної напруги. Потім відбувається визначення значення вхідного сигналу через один відлік дискретизації за часом і проводиться навчання моделі вхідного сигналу першими вимірювальними відліками.

Передбачене значення у вигляді напруги зворотного зв'язку $U_{\text{зз2}}$ надходить на вхід суматора з протилежним знаком для отримання сигналу помилки ΔU в наступному такті вимірювання. У міру отримання більшої інформації величина помилки знижується, а коефіцієнт посилення напруги помилки дискретно зростає. Це необхідно для уточнення значення ΔU . Знаючи точне значення напруги зворотного зв'язку і ΔU можна визначити $U_{\text{вх}}$ більш точно при тій же розрядності АЦП. У разі неузгодженості математичної моделі сигналу з дійсним, точність вимірювання знижується до колишнього рівня, і процес адаптації починається знов.

Досліджувана схема, представляє модель розрахунку, в якій можливе змінювати всі параметри елементів. Це дозволяє проводити пошук, як при зміні одиночного параметра, так і зміну двох, трьох і більше параметрів.

При отриманні інформації про мінімум обраного критерію KRx_j настає процес самонавчання персептрона на просторі ознак $x_j(t)$, з метою визначення вирішальної функції $R_s = f(x_j(t))$ ідентифікуючої новий стан s . Причому мітку нових станів дає модель M , що змінює параметри, і дозволяє, тому надати цілком

певний сенс «своїм пошукам», пов'язаним з мінімізацією поставленого критерію близькості.

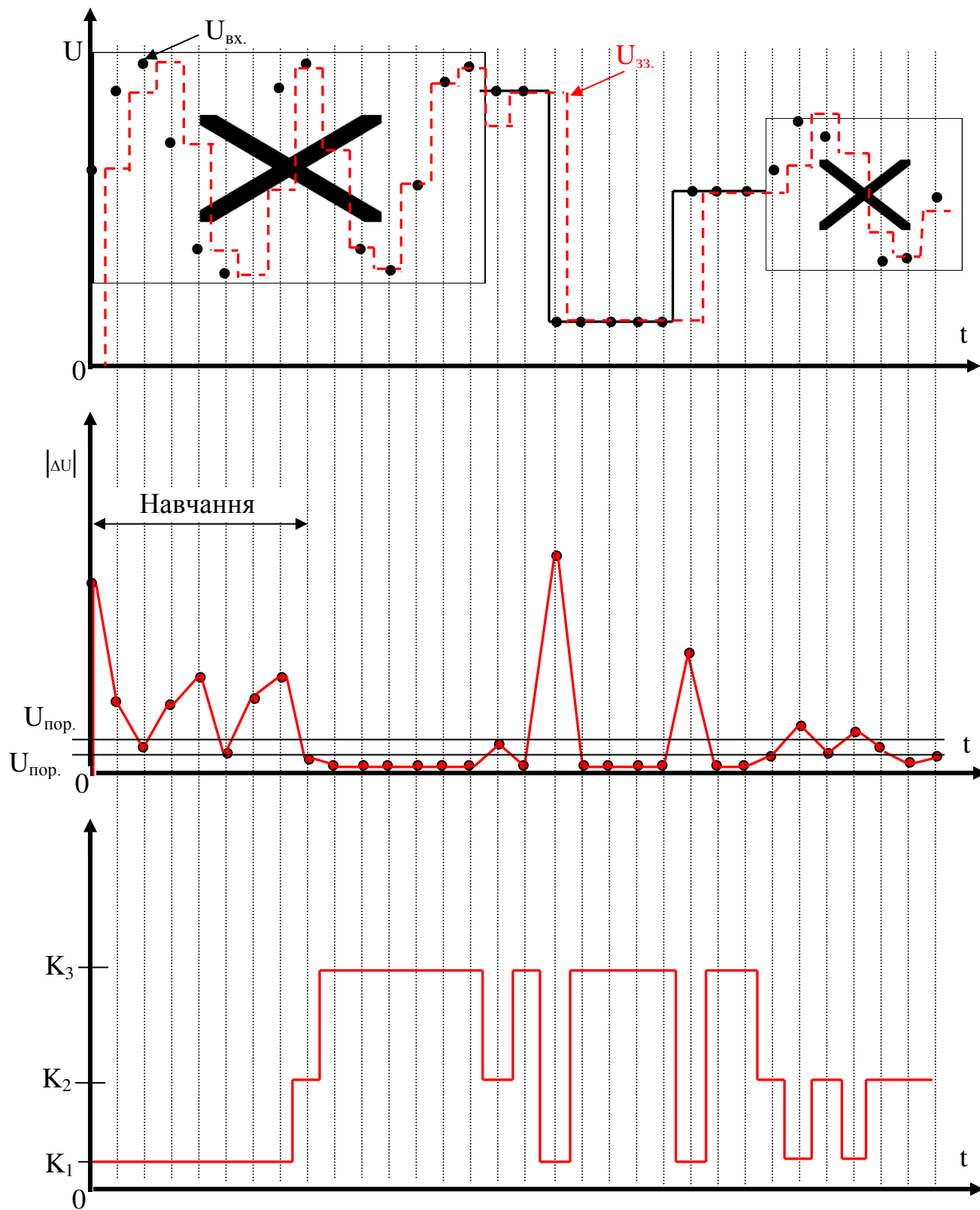


Рисунок 3.10

Процес пошуку вирішальної функції відбувається за тими ж правилами, що і при звичайному рішенні. При реалізації запропонованої концепції побудови саме навченою системою на перший план виступають критерії вибору правильного рішення, а саме:

- правильного розрахунку досліджуваної схеми;
- свободи вибору рішення.

Зупинимось на процесі пошуку мінімуму критерію KRx_j . Досягнення його мінімуму пов'язане з пошуком нового значення параметра в розрахунковій моделі, при якій цей критерій прагне до мінімуму. На рис. 3.10 зображений процес пошуку.

На рис. 3.11 зображений процес зміни параметра X_2 з метою пошуку траєкторії зміни параметрів моделі, що наближаються до траєкторії зміни параметрів об'єкта.

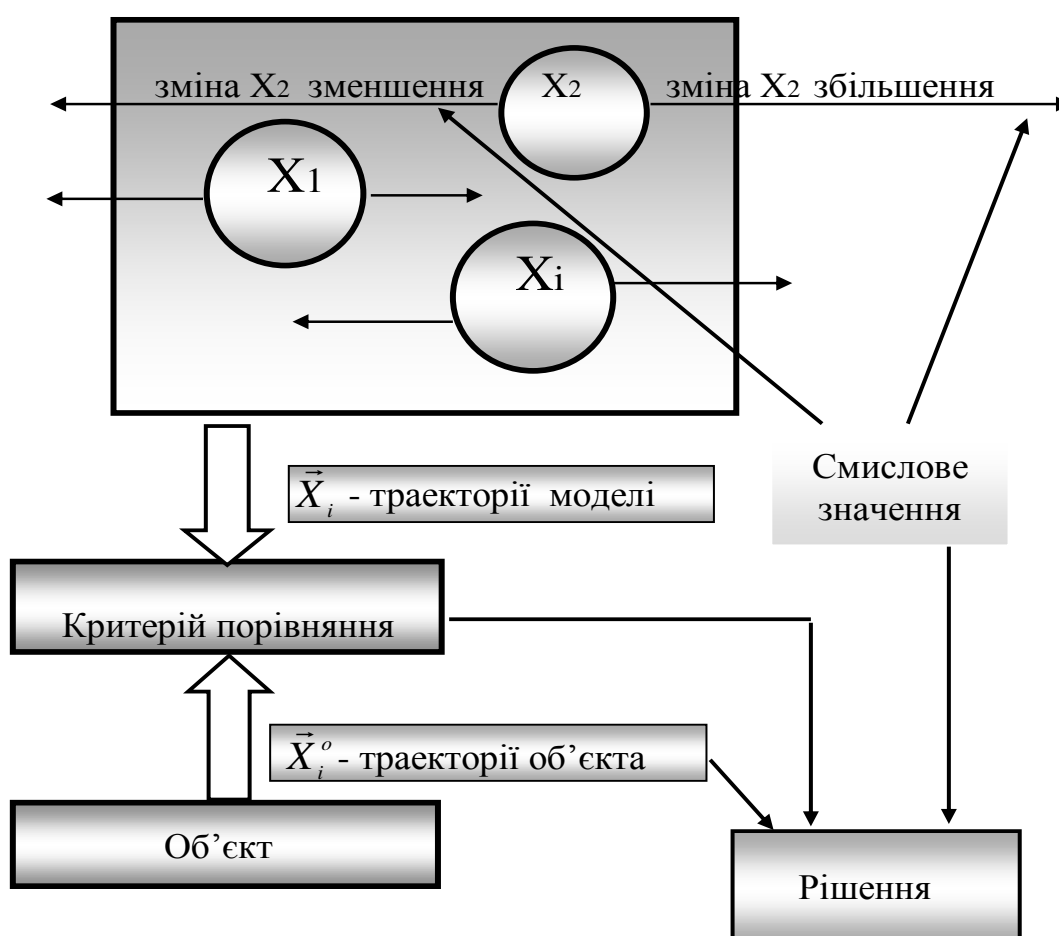


Рисунок 3.11

Для пошуку вирішальної функції ідентифікуючої стану об'єкта контролю використовується МГОА, на основі якого побудований перцептрон. Розглянемо метод групового обліку аргументів МГОА, застосовуваний для розрахунку схеми перцептрона. Вхідні ознаки попарно зв'язуються в опорних рівняннях в наступному порядку:

$$W_{11}[t_1] = a_0 + a_1 \cdot x_1[t_1] + a_2 \cdot x_2[t_1] + a_3 \cdot x_1[t_1] \cdot x_2[t_1];$$

$$W_{11}[t_2] = a_0 + a_1 \cdot x_1[t_2] + a_2 \cdot x_2[t_2] + a_3 \cdot x_1[t_2] \cdot x_2[t_2];$$

$$W_{11}[t_3] = a_0 + a_1 \cdot x_1[t_3] + a_2 \cdot x_2[t_3] + a_3 \cdot x_1[t_3] \cdot x_2[t_3];$$

.....

$$W_{11}[t_n] = a_0 + a_1 \cdot x_1[t_n] + a_2 \cdot x_2[t_n] + a_3 \cdot x_1[t_n] \cdot x_2[t_n];$$

для x_1, x_3 маємо

$$W_{12}[t_1] = a_0 + a_1 \cdot x_1[t_1] + a_2 \cdot x_3[t_1] + a_3 \cdot x_1[t_1] \cdot x_3[t_1];$$

$$W_{12}[t_2] = a_0 + a_1 \cdot x_1[t_2] + a_2 \cdot x_3[t_2] + a_3 \cdot x_1[t_2] \cdot x_3[t_2];$$

$$W_{12}[t_3] = a_0 + a_1 \cdot x_1[t_3] + a_2 \cdot x_3[t_3] + a_3 \cdot x_1[t_3] \cdot x_3[t_3];$$

.....

$$W_{12}[t_n] = a_0 + a_1 \cdot x_1[t_n] + a_2 \cdot x_3[t_n] + a_3 \cdot x_1[t_n] \cdot x_3[t_n];$$

і так далі для x_{n-1}, x_n признаку маємо

За значеннями розрахованого критерію здійснюється відбір моделей претендентів, які пройшли у другий етап моделювання МГОА. Це показано на рис. 3.12.

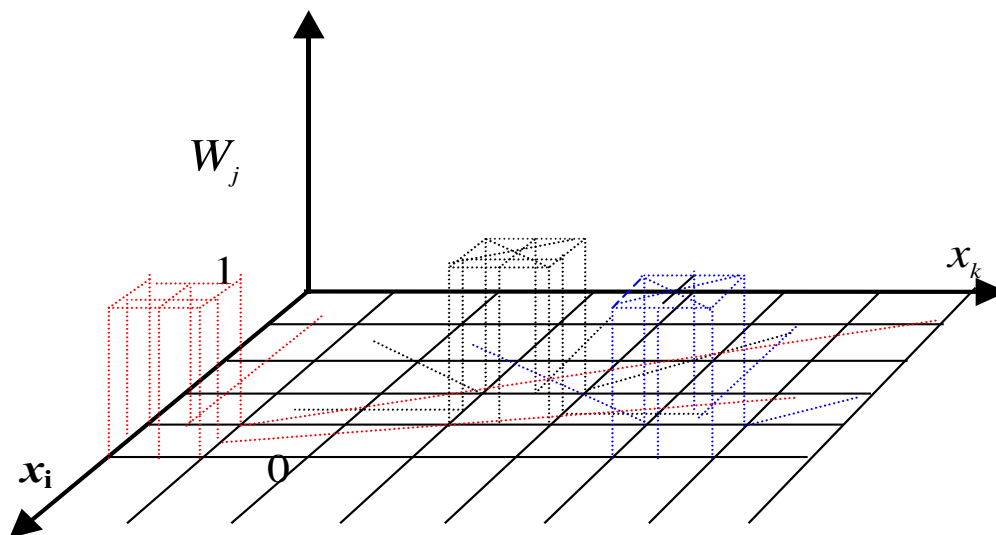


Рисунок 3.12 – Метод самонавчання з прототипами

Даний метод дозволяє уникнути багаторазового перенавчання перцептрона. У цьому випадку навчання проводиться заздалегідь на заданих центральних зображеннях, які є передбачуваними станами контрольованого об'єкту, або іншими словами, станами, які можливо будуть у контрольованого об'єкту в майбутньому. При цьому виникають такі випадки: 1. стан збігається з наперед заданим центральним станом.

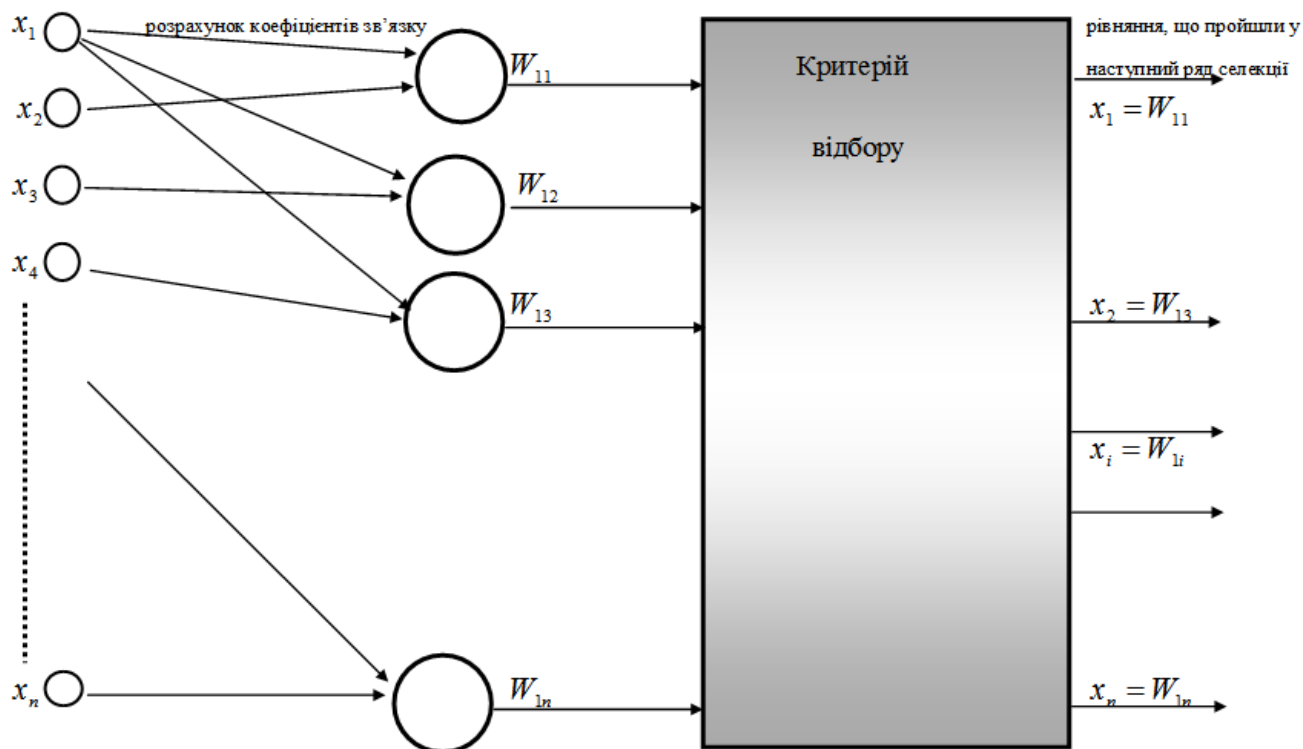


Рисунок 3.13

2. стан не збігається і знаходиться на кордоні між двома або більше, заздалегідь заданими центральними станами. При цьому треба зробити дослідження зв'язку параметрів і виходів моделі, з урахуванням можливої кратної відмови, тобто одночасного зміну стану декількох параметрів.

Вивчення властивостей перцептрона, побудованого за пропонуваним методом, повинно зводиться до встановлення зв'язку між параметрами і виходом, який спрацьовує, як у випадку першому або другому. Розглянемо два випадки, представлених на рис.3.14 і рис.3.15 .

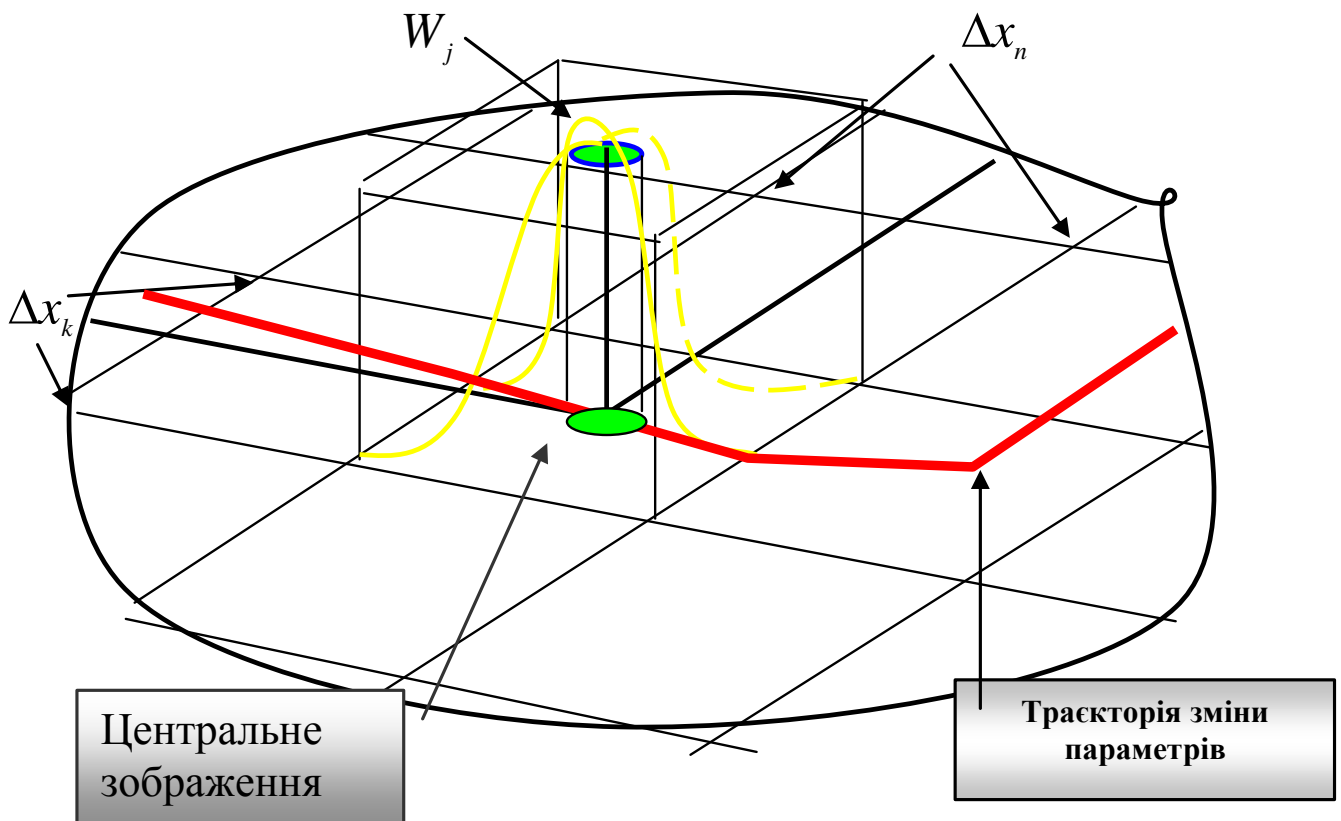


Рисунок 3.14 – Стан об'єкта збігається з наперед заданим

Достовірність для n - мірного вектора.

$$W_k = \sum_{i=0}^n (a_i \cdot x_k^i + a_j \cdot x_l^i)$$

Перешкоди і корисні сигнали корельовані

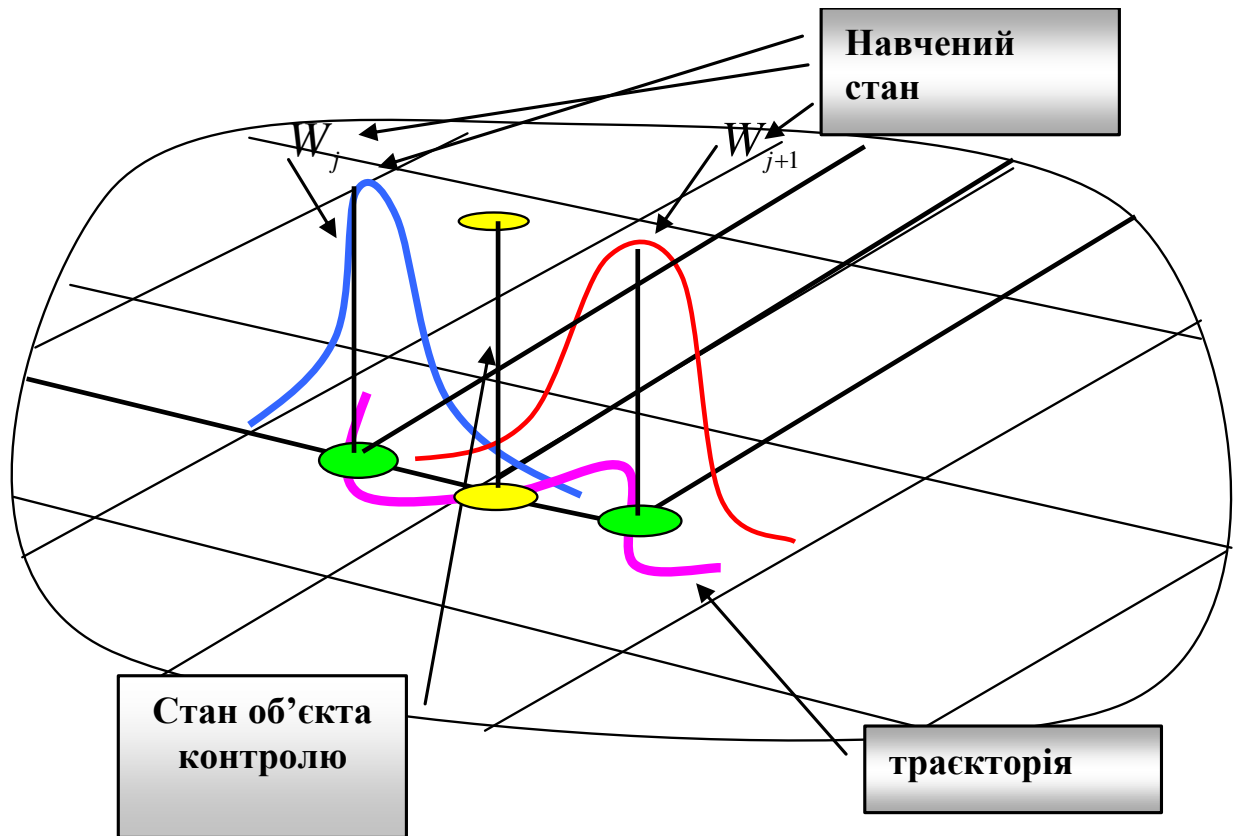


Рисунок 3.15 – Стан об'єкта не збігається з наперед заданим

Застосуємо наступні перетворення. Проведемо масштабування за параметрами і виділимо область на площині відповідну двом станам W_j, W_{j+1} . Причому числові значення виходів при переході залишаються колишніми. (рис. 3.16).

Навчаємо моделі на значеннях виходів W_j, W_{j+1} . Отримуємо нові моделі, які більш точно, на масштабуванні обмеженого простору, відображають поведінку об'єкта, а саме:

$$W_j^k = f_j(x_i \cdot k, x_{i+1} \cdot k)$$

$$W_{j+1}^k = f_j(x_i \cdot k, x_{i+1} \cdot k).$$

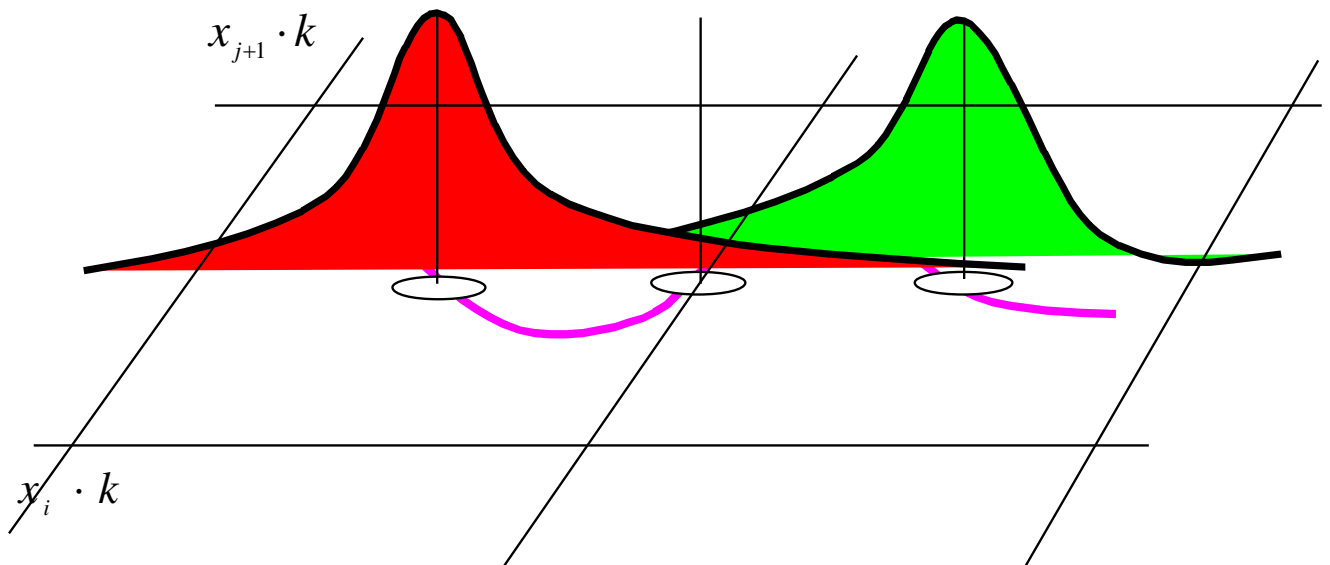


Рисунок 3.16 – Масштабування

Навчасмо моделі на значеннях виходів W_j, W_{j+1} . Отримуємо нові моделі, які більш точно, на масштабуванні обмеженого простору, відображають поведінку об'єкта, а саме:

$$W_j^k = f_j(x_i \cdot k, x_{i+1} \cdot k)$$

$$W_{j+1}^k = f_j(x_i \cdot k, x_{i+1} \cdot k).$$

Гідність пропонованого методу в тому, що він дозволяє:

- Застосувати нові опорні функції для детального опису поведінки об'єкта контролю в новій локальній області, що не дозволяє зробити традиційний підхід в побудові моделей;
- Підвищити достовірність контролю.

Графічна ілюстрація методу наведена на рис. 3.17.

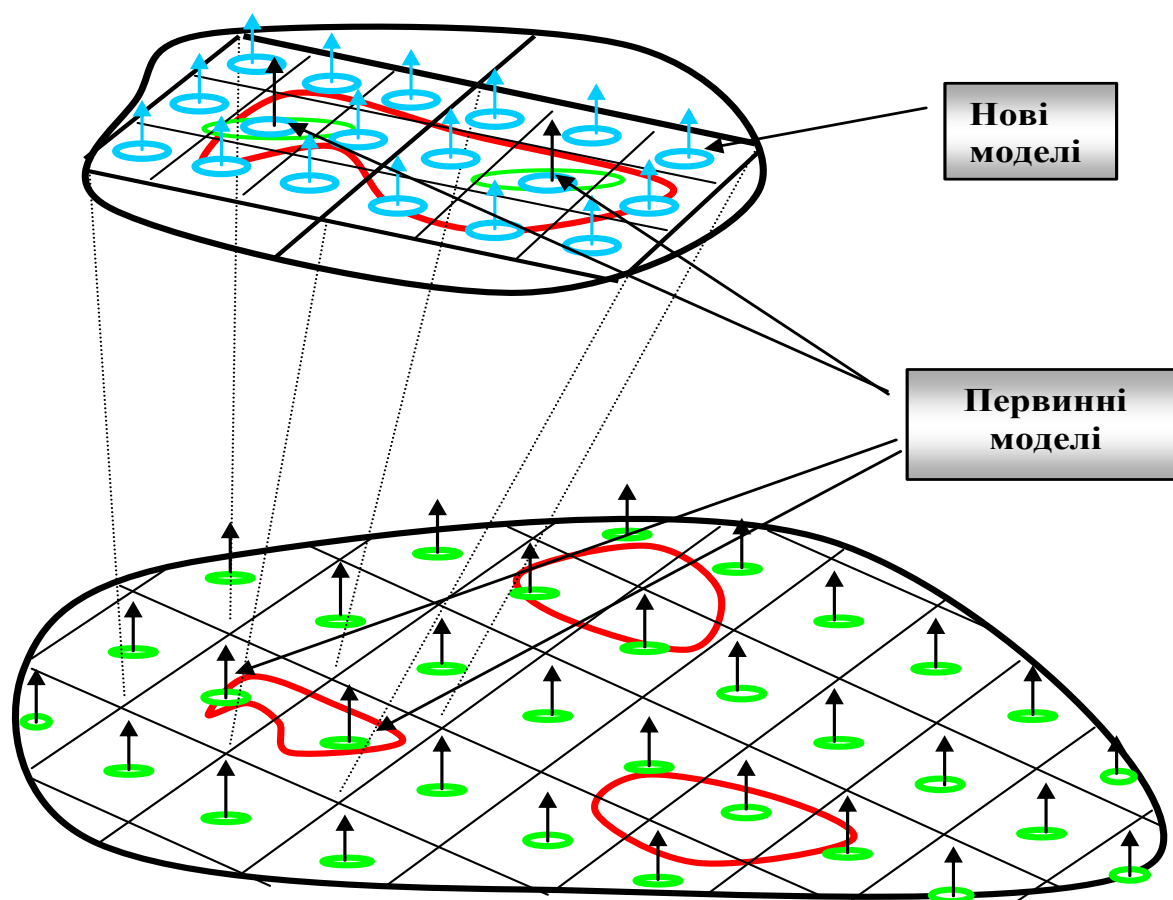


Рисунок 3.17

Висновки до розділу

В даний час напрямок розвитку робототехніки характеризується розширенням області застосування мобільних роботів в промисловості, побутової та соціальної сфері.

Таким чином, на підставі проведених досліджень можна зробити наступні висновки:

- підвищення достовірності контролю і точності управління для технічної діагностики досягається шляхом корекції порогів відповідно до обчислюваних

коефіцієнтів – їх параметрів. Якщо вимірюваний параметр представляє залежність від сигналу управління U , то знаходження цієї залежності і визначення скоригованого діапазону допустимих параметрів підвищують достовірність діагностування, дозволяють провести розрахунок функції стану контрольованого об'єкта з урахуванням всіх найважливіших параметрів, а саме: достовірності контролю, діапазону зміни параметрів;

- з метою забезпечення заданої надійності і для зменшення втрат, що можуть виникнути через неякісну діагностику, необхідно застосовувати методи вимірювання, що дозволяють використовувати структурну надмірність вимірювальної частини схеми.

Адекватність моделі оцінюється традиційними методами з використанням критерію Фішера по вихідній координаті (рівень енергозарядів робота). Результат перевірки – значення критерію Фішера $F = 3,61$, при табличному значенні $F_0(f_1, f_2) = 3$ при рівні значущості $\alpha = 0,05$, що свідчить про адекватність моделі.

Середня квадратична відносна помилка розрахунків за моделлю не перевищує 0,8 %, максимальна відносна помилка – 1,6 %. Максимальна відносна помилка розрахунків за моделлю енергоємності батареї робота – 1 %.

Програмне забезпечення системи керування антропоморфним захватом промислового робота має враховувати можливість використання його на портативному комп'ютері типу NoteBook. З одного боку ПК має максимальну кількість портів вводу-виводу (RS-232, LPT, USB, ІЧ-порт), а з іншого – обмежений розмір оперативної пам'яті (ОЗП) і відеопам'яті. Також ПК має порівняно зі стаціонарним комп'ютером більш низьку швидкодію вінчестера і швидкість виведення графічної інформації на екран. Поліпшення ж цих параметрів тягне за собою невиправдане зростання вартості ПК. Виходячи з цих особливостей все програмне забезпечення розбито на блоки, кожен з яких враховує ці особливості.

З функції програмного забезпечення входить забезпечення процесу вимірювань і передача даних або безпосередньо на ПК, або через посередника – другий мікроконтролер зв'язку, який працює спільно з контролером USB порту

USB9602. У разі відсутності необхідності у високошвидкісному обміні даними між вимірювальним модулем (ВМ) та ПК, зв'язок може здійснюватися по інтерфейсу RS-232.

Виміряні дані формуються у пакети (рис. 3.8) і передаються у ВМК. До кінця кожного пакета додається синхронізуючий символ для того, щоб у ПК була можливість визначити однозначну відповідність між номером каналу і відповідним йому виміряним двійковим кодом.

Двійковий код синхросимвола не повинен повторюватися в будь-якій комбінації даних. Кількість NJ байт даних, відповідних каналу, визначається числом спрацьовувань ВСК за час формування пакета для передачі. Довжина одного пакета строго фіксована і задається заздалегідь.

РОЗДІЛ 4. МАРКЕТИНГОВИЙ АНАЛІЗ СТАРТАП-ПРОЕКТУ

4.1 Опис ідеї проекту

Таблиця 4.1 – Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Дослідження модулю керування антропоморфним захватом промислового робота	1. Підвищення ефективності застосування модулю керування антропоморфним захватом промислового робота	Нові механізми застосування модулю керування антропоморфним захватом промислового робота
	2. Оптимізація вихідних параметрів модулю керування антропоморфним захватом промислового робота	Продуктивність застосування модулю керування антропоморфним захватом промислового робота
	3. Раціональний вибір технічних характеристик модулю керування антропоморфним захватом промислового робота і науково-обґрунтованого вибору параметрів модулю керування антропоморфним захватом промислового робота	Зниження вартості застосування модулю керування антропоморфним захватом промислового робота

Конкурентами є аналогічні методи та механізми застосування модулю керування антропоморфним захватом промислового робота. Основною відмінністю є те, що модулю керування антропоморфним захватом промислового робота виведено на новий перспективний рівень зі зменшенням негативного впливу на людину та збільшенням точності спрямування.

Довгостроковими перспективами є:

- Збільшення кількості клієнтів, що будуть використовувати запропонований модуль керування антропоморфним захватом промислового робота.
- Додавання новітніх механізмів реалізації модулю керування антропоморфним захватом промислового робота.

Потреби в стартовому фінансуванні:

Стартовий капітал = 5000 грн

Таблиця 4.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Конкурент 1	Конкурент 2	Конкурент 3			
1.	Бюджетне фінансування	розробка за рахунок розробника	розробка за рахунок бюджетних коштів	розробка комерційна	розробка за рахунок розробника	відсутність фінансування	часткова бюджетне фінансування	бюджетне фінансування
2.	Використання сучасної техніки	використовується сучасна техніка	використовується застаріла техніка	використовується техніка застарілої конфігурації	використовується сучасна техніка	сучасна комплектація технікою	часткова комплектація технікою	техніка застарілої конфігурації
3.	Належна матеріально-технічна база	розробкою проводиться за власні кошти на приватному ПК	бюджетна установа	інформаційний центр	інформаційний центр	інформаційний центр	бюджетна установа	власні кошти на приватному ПК
4.	Налагоджена система реклами продукту	продукт не рекламується	є реклама	продукт не рекламується	є реклама	не має реклами	часткова реклама	рекламується
5.	Високий рівень розробки	запропоновані методи та алгоритми є досконалими	розробка не досконала та потребує доробок	запропоновані методи та алгоритми є досконалими	розробка не досконала та потребує доробок	розробка не досконала та потребує доробок	розробка майже досконалою	запропоновані методи та алгоритми є досконалими
6.	Професіонали програмісти	розробка проводилася студентом	розробка проводилася групою професіоналів	розробка проводилася професіоналом програмістом	розробка проводилася професіоналом програмістом	розробка проводилася студентом	розробка проводилася професіоналом програмістом	розробка проводилася групою професіоналів

4.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз таких складових (табл. 4.3):

- за якою технологією буде виготовлено товар згідно ідеї проекту?
- чи існують такі технології, чи їх потрібно розробити/додати?
- чи доступні такі технології авторам проекту?

Таблиця 4.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Дослідження особливостей формування модулю керування антропоморфним захватом промислового робота	Технологія 1 (технологія надання послуги)	потрібно розробити	доступні
2		Технологія 2 (наявність бази досліджень)	наявні	доступні
3		Технологія 3 (база проведення досліджень (випробувань))	потрібно розробити	доступні
4		Технологія 4 (оформлення результатів дослідження)	потрібно розробити	доступні
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: є можливою				

4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап проекту

Визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів.

Таблиця 4.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	2
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	30000
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	не має
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	ДСТУ В 7371:2013 ДСТУ ISO 9000-2007 (ISO 9000:2005, IDT) ДСТУ ITU-T G.957:2010
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	30

На основі проведеного дослідження є можливість стверджувати про привабливість проекту для входження на ринок за попереднім оцінюванням.

Таблиця 4.2 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
	Дослідження особливостей формування параметрів модулю керування антропоморфним захватом промислового робота	Промислові центри, кафедра програмної інженерії	формування параметрів процесу керування антропоморфним захватом промислового робота – програмісти, промислові робітники; зниження рівня впливу – люди користувачі, реалізатори проекту	Відповідність ДСТУ EN 775:2005 . Обов'язкова наявність сертифікатів

Таблиця 4.3 – Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Агресивність конкурентів	вплив на систему	може порушити налагоджену систему розповсюдження
2	Нестабільність політичної ситуації в світі	балансування курсу	може порушити надійну систему постачальників
3	Висока вартість продукції	підвищення ціни	підвищить агресивність конкурентів
4	Економічні складності	відсутність фінансування	порушили фінансове забезпечення компанії

Таблиця 4.7 – Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
	Тривале існування	тривале існування на ринку	на ринку дає можливість виходу на нові ринки
	Моніторинг потреб споживачів	розуміючи потреби споживачів, розширювати діапазон продукції, що випускається.	розширення діапазону продукції, що випускається.
	Лібералізація торговельних бар'єрів	робота менеджменту	приведе до поліпшення налагодженої системи розповсюдження
	Висока вартість продукції в порівнянні з ключовими конкурентами	встановлення високої ціни	утруднить вихід на нові ринки
	Стабілізація бізнес-середовища	формування стабільного середовища	за рахунок стабілізації бізнес-середовища можна поліпшити фінансове забезпечення компанії

Таблиця 4.8 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Вказати тип конкуренції - монополія/ олігополія/ монополістична/ чиста	Локальний/національний бізнес. Глобальні сили є не досить вагомими по відношенню до локальних сил, які визначаються наявністю сертифікації, відповідності держ нормам і стандартам, регулюванням робототехнічної галузі державою.	працює в рамках підвищення параметрів модулю керування антропоморфним захватом промислового робота
2. За рівнем конкурентної боротьби- локальний/національний/...	Локальний	Ведучи конкуренцію на локальному рівні, компанії необхідно прикласти належні зусилля для охоплення всього ринку
3. За галузевою ознакою - міжгалузева/ внутрішньогалузева	Внутрішньогалузева. Конкуренція на ринку ведеться в робототехнічній галузі України	Необхідно зосередити зусилля на пошуку конкурентних переваг, які дозволять компанії займати стійкі конкурентні позиції
4. Конкуренція за видами товарів: - товарно-родова - товарно-видова - між бажаннями	Товарно-родова. Конкуренція на рівні технології задоволення потреб. Існує конкуренція з іншими моделями, алгоритмами	методи параметрів модулю керування антропоморфним захватом промислового робота водночас веде конкурентну боротьбу як з товарами-субститутами
5. За характером конкурентних переваг - цінова / нецінова	Нецінова. При виборі алгоритмів та методів споживач звертає увагу на ефективність методів та рівень якості модулю керування антропоморфним захватом промислового робота. Цінова. Для значної частки споживачів ціна є визначальною при виборі.	Головною конкурентною перевагою є унікальність позиціонування
6. За інтенсивністю- марочна/не марочна	Марочна.	Диференціація методів та моделей за мотивом задоволення потреб споживачів

Таблиця 4.9 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
Складові аналізу	Навести перелік прямих конкурентів	Визначити бар'єри входження в ринок	Визначити фактори сили постачальників	Визначити фактори сили споживачів	Фактори загроз з боку замінників
Висновки:	На ринку спостерігається тенденція до скорочення кількості робототехнічних установ і посилення конкуренції на ринку. Вступ України до СОТ відкрив дорогу іноземним виробникам. Великі компанії з іноземним капіталом постійно збільшують контрольовану ними частку ринку, поглинаючи конкурентів.	Бар'єри входу на ринок є порівняно незначними. Вартість організації бізнесу з виробництва сучасних механізмів модулю керування антропоморфним захватом промислового робота 100 тис. дол. Обов'язково є сертифікація продукції.	Існує чітка залежність від постачальників як якості продукції. Також ціна кінцевої продукції залежить від рівня сертифікації.	Споживачі мають широку географію і проживають переважно у містах. Покупка програмних додатків та алгоритмів реалізації модулю керування антропоморфним захватом промислового робота часто носить імпульсний характер.	Посилилася конкуренція зі сторони товарів-субститутів – інших видів методів та алгоритмів підвищення якості керування антропоморфним захватом промислового робота, за рахунок збільшення асортименту останніх та появи нових для ринку категорій.

Отже, відповідно до наведеного вище аналізу головними силами, які діють на конкуренцію в галузі є постачальники та споживачі. Також в силу розвитку ринку все більшого значення набуває інтенсивність конкуренції між існуючими конкурентами та загроза зі сторони товарів-субститутів.

Таким чином в межах структурного підходу до аналізу конкуренції тип конкуренції – монополістична конкуренція.

Таблиця 4.4 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування вибору
1	Частка ринку	Враховуючи той факт, що тип родового середовища в галузі – консолідований ринок, тобто існує група компаній, які контролюють разом понад 40% ринку, а також те, що інтенсивність суперництва між діючими конкурентами при низьких темпах зростання ринку є однією з головних сил, які діють на конкуренцію в галузі, одним з найважливіших факторів конкурентоспроможності виступає частка ринку, яку займає виробник. В таких умовах чим більше частка ринку, тим більшими ринковими можливостями володіє виробник.
2	Ціна	Чим вигіднішою є ціна для споживача, тим вірогідніше його вибір.
3	Асортимент	В умовах збільшення інтенсивності між існуючими конкурентами завоювання споживачів відбувається за рахунок нових методів та алгоритмів реалізації модулю керування антропоморфним захватом промислового робота.
4	Доступ до каналів розподілу	Споживач далеко не завжди проявляє прихильність до певної категорії розробників і дуже схильний до експериментів. В цьому випадку завоювати лояльність споживача дуже складно і ще складніше її утримати. Тому для компаній-виробників ключовими чинниками успіху стає сильна дистрибуція, якісний торговий маркетинг і налагоджена система логістики.
5	Торговий маркетинг	
6	Рівень диференціації ТМ	В умовах ведення конкурентної боротьби на споживчому ринку, де попит є ірраціональним та існує велика кількість виробників і розробників при фактично відсутній різниці між товарами, що пропонуються, ключовим фактором успіху є здатність чітко диференціювати ТМ від ТМ конкурентів, надаючи споживачеві унікальну цінність.
7	Репутація виробника	Якщо компанія має бездоганну репутацію, особливо у сфері якості своєї продукції, то рівень довіри до неї зростає. Також репутація виробника важлива при виході на ринок з новими товарами, або при виході на нові сегменти, що полегшує позитивне сприйняття новинок.
8	Рівень лояльності до бренду	Чим вище рівень лояльності, тим більше компанія має прихильних, а значить постійних споживачів.
9	Унікальність позиціонування	В умовах монополістичної конкуренції, коли фактор диференціації ТМ є ключовим засобом ведення конкурентної боротьби, важливим є створення та підтримання унікального позиціонування, що створює певний захист від конкурентних зіткнень.
10	Маркетинговий бюджет	Від розміру маркетингового бюджету залежить здатність здійснювати маркетингову стратегію підприємства. Маркетингові заходи мають забезпечувати інші конкурентні переваги такі, як рівень диференціації, лояльності, репутація виробника, дистрибуція та просування в торгових точках.

Таблиця 4.5 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «Модуль керування антропоморфним захватом промислового робота»

№	Фактор конкурентоспроможності	Вагові значення фактора (1-20)	Рейтинг конкурентів у порівнянні з дослідженням особливостей формування модулю керування антропоморфним захватом промислового робота								
			-3	-2	-1	0	1	2	3		
1	Частка ринку	20		○		▲		■			
2	Ціна	10						▲	○	■	
3	Асортимент	18		▲		○		■			
4	Доступ до каналів розподілу	15		■				▲	○		
5	Торговий маркетинг	15						○	■	▲	
6	Рівень диференціації ТМ	13		▲		○		■			
7	Репутація виробника	12	■	○		▲					
8	Рівень лояльності до бренду	14				■		○	▲		
9	Унікальність позиціонування	15	■	○		▲					
10	Маркетинговий бюджет	10	■			▲		○			

Умовні позначки позицій конкурентів:



- конкурент 1



- конкурент 2;



- конкурент 3.

Отже, відповідно до проведеного аналізу можна сказати, що «Модуль керування антропоморфним захватом промислового робота» має наступну позицію на ринку:

сильні сторони:

- унікальне позиціонування;
- значний рівень диференціації ТМ;

- позитивна репутація виробника;
- слабкі сторони:
- вища ціна порівняно з конкурентами;
- торговий маркетинг.

Виділивши найвагоміші сильні та слабкі сторони «Модуль керування антропоморфним захватом промислового робота» у порівнянні з основними конкурентами і з аналізу внутрішніх факторів та використовуючи результати аналізу маркетингових загроз та можливостей, складемо матрицю SWOT-аналізу (табл. 4.12.).

З результатів SWOT-аналізу видно, що найбільш негативний вплив на діяльність «Модуль керування антропоморфним захватом промислового робота» на ринку чинить ринкове середовище. Це, перш за все, пов'язано із наслідками фінансово-економічної кризи в країні.

В свою чергу, така ситуація супроводжувалася зменшенням темпів приросту галузі, виходом з ринку менш сильних дрібних та регіональних виробників, приходом на ринок транснаціональних компаній, що збільшило інтенсивність конкуренції між діючими учасниками ринку України.

Таблиця 4.12 – SWOT-аналіз стартап-проекту

Сильні сторони	Слабкі сторони
<ol style="list-style-type: none"> 1. унікальне позиціонування; 2. значний рівень диференціації 3. позитивна репутація виробника; 4. приналежність до української міжнародної компанії; 5. налагоджена система дистрибуції товару; 6. наявність вертикальної інтеграції. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. вища ціна порівняно з конкурентами. 2. залежність маркетингової політики від українського власника; 3. слабе самозабезпечення фінансовими ресурсами; 4. відсутність чітко вираженої маркетингової стратегії, непослідовність в її реалізації.
Можливості	Загрози
<ol style="list-style-type: none"> 1. Можливість зміцнення іміджу 2. Можливість збільшення обсягів реалізації 3. Можливість збільшення обсягів продаж за рахунок експансії в регіони 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Загроза працювати без прибутку скорочення платоспроможного попиту 2. Загроза втрати споживачів внаслідок підвищення тиску зі сторони товарів-субститутів 3. Загроза підвищення цін

Було визначено, що найбільшою загрозою для «Модуль керування антропоморфним захватом промислового робота» є загроза падіння прибутковості внаслідок скорочення попиту.

Таблиця 4.6 – Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1.	Використання засобів стимулювання збуту та мерчандайзингу в торгових точках для збільшення продаж	Дозволяє суттєво збільшити обсяги продаж	до місяця
2.	Розширення асортиментної лінійки	Можливість залучення нових споживачів за рахунок новинки	до пів року
3.	Збільшення представленості	Можливість розширення охоплення цільової аудиторії	до року

Найоптимальнішою є перша альтернатива

4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (табл.4.14).

Таблиця 4.7 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Підвищення ефективності застосування апаратури	готовий	високий	мінімальна	простий
2	Оптимізація вихідних параметрів модулю керування антропоморфним захватом промислового робота	готовий	високий	максимальна	простий
3	Раціональний вибір технічних характеристик апаратури і науково- обґрунтованого вибору параметрів впливу	готовий	високий	середня	простий
Які цільові групи обрано:					

За результатами аналізу потенційних груп споживачів (сегментів) обрано стратегію диференційованого маркетингу.

Таблиця 4.8 – Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1	Стратегія диференціації	передбачає надання товару важливих з точки зору споживача відмітних властивостей, які роблять товар відмінним від товарів конкурентів. Така відмінність може базуватися на об'єктивних або суб'єктивних, відчутних і невідчутних властивостях товару(у ширшому розумінні – комплексі маркетингу), бути реальною або уявною.	Реалізація цієї стратегії вимагає, як правило, більш високих витрат. Проте успішна диференціація дозволяє компанії домогтись більшої рентабельності за рахунок того, що ринок готовий прийняти більш високу ціну (цінову премію бренду).	Інструментом реалізації стратегії диференціації є ринкове позиціонування.

Таблиця 4.9 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
	Ні	Як залучати нових так і забирати існуючих у конкурентів	частково	наслідування лідеру

Таблиця 4.10 – Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувану комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Відповідність чинним нормативам	Наслідування лідеру	Реалізація цієї стратегії вимагає, як правило, більш високих витрат. Проте успішна диференціація дозволяє компанії домогтись більшої рентабельності за рахунок того, що ринок готовий прийняти більш високу ціну (цінову премію бренду).	Унікальність Доступна ціна Реалізація нових методів

4.5 Розроблення маркетингової програми

Першим кроком є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач. Для цього у табл. 4.18 підсумовуємо результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару.

В умовах розділу проведено аналіз та розробку бізнес-проекту до розробки «Модуль керування антропоморфним захватом промислового робота», на основі проведеного аналізу варто відзначити, що найбільш негативний вплив на діяльність «Модуль керування антропоморфним захватом промислового робота» на ринку чинить ринкове середовище. Це, перш за все, пов'язано із наслідками фінансово-економічної кризи в країні. В свою чергу, така ситуація супроводжувалася зменшенням темпів приросту галузі, виходом з ринку менш сильних дрібних та регіональних виробників, приходом на ринок транснаціональних компаній, що збільшило інтенсивність конкуренції між діючими учасниками ринку України. Було визначено, що найбільшою загрозою для «Модуль керування антропоморфним захватом промислового робота» є загроза падіння прибутковості внаслідок скорочення попиту.

Таблиця 4.11 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1.	Підвищення ефективності застосування апаратури	Нові механізми застосування модулю керування антропоморфним захватом промислового робота	високий рівень ефективності застосування модулю керування антропоморфним захватом промислового робота
2.	Оптимізація вихідних параметрів модулю керування антропоморфним захватом промислового робота	Продуктивність застосування модулю керування антропоморфним захватом промислового робота	високий рівень продуктивності застосування модулю керування антропоморфним захватом промислового робота
3.	Раціональний вибір	Зниження вартості	Стійкість застосування модулю

технічних характеристик апаратури і науково-обґрунтованого вибору параметрів впливу	застосування модулю керування антропоморфним захватом промислового робота	керування антропоморфним захватом промислового робота
---	---	---

Таблиця 4.12 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Опис базової потреби споживача, яку задовольняє товар (згідно концепції), її основної функціональної вигоди		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	Нові механізми застосування модулю керування антропоморфним захватом промислового робота; Продуктивність застосування модулю керування антропоморфним захватом промислового робота; Зниження вартості застосування модулю керування антропоморфним захватом промислового робота		
	Марка: Підвищення ефективності застосування модулю керування антропоморфним захватом промислового робота		
III. Товар із підкріпленням	До продажу – рівень розробки		
	Після продажу – низка методів та алгоритмів		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: захист інтелектуальної власності			

Таблиця 4.13 – Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники, дол	Рівень цін на товари-аналоги, дол	Рівень доходів цільової групи споживачів, дол	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу, дол
	3000	2500	6000	2000-3000

Таблиця 4.14 – Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
	Мінімальна кількість посередників	організовувати широку мережу збуту товару	3	непряма

Таблиця 4.15 – Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікації, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Підвищення ефективності застосування модулю керування антропоморфним захватом промислового робота	промислова сфера	Нові механізми застосування модулю керування антропоморфним захватом промислового робота	донести переваги до потенційних користувачів	Основна ідея Дослідження особливостей формування
2	Оптимізація вихідних параметрів модулю керування антропоморфним захватом промислового робота	промислова сфера	Продуктивність застосування модулю керування антропоморфним захватом промислового робота	донести переваги до потенційних користувачів	параметрів модулю керування антропоморфним захватом
3	Раціональний вибір технічних характеристик апаратури і науково-обґрунтованого вибору параметрів впливу	промислова сфера	Зниження вартості застосування модулю керування антропоморфним захватом промислового робота	донести переваги до потенційних користувачів	промислового робота

ВИСНОВКИ

У рамках даної роботи здійснено розробку модулю керування антропоморфним захватом промислового робота. Для досягнення поставленої мети у роботі виконано низку завдань:

- здійснено огляд типів та конструкцій антропоморфного захвату промислових роботів;
- проведено аналіз публікацій за темою магістерської роботи;
- виконано постановку завдання дослідження;
- наведено опис устрою та роботи антропоморфного захвату промислових роботів;
- виділено математичні аспекти антропоморфних захватів промислового роботу;
- розроблено функціональну схему та механізми управління антропоморфним захватом промислового робота;
- досліджено принцип програмного управління антропоморфним захватом промислового робота;
- виконано програмну реалізацію управління;
- розроблено стартап проекту.

Таким чином, на основі вищевикладеного варто зазначити:

1. Підвищення якості продукції одночасно зі зменшенням серійності і частою зміною моделей, що випускаються виробів є трендом сучасного ринку. Виконання цих умов неможливе без розвитку автоматизації технологічних виробничих процесів. У ряді ключових технологій, наприклад, у зварюванні, лазерній обробці, термічного різання, забарвленню, подальший розвиток можливий тільки із застосуванням технологічних роботів.

2. Альтернативою технологічної залежності від зарубіжних власників ноу-хау могла б стати розробка спочатку одиничних, а потім і серійних зразків вітчизняних універсальних технологічних роботів, включаючи власну систему управління. Як

показав досвід впровадження та експлуатації промислових роботів, засвоєння передових роботизованих технологій неможливо передусім без наявності ноу-хау на програмне забезпечення самих роботів.

3. Найбільш високотехнологічні завдання, що виникають при підготовці виробництва нових деталей спеціального призначення, не представляється можливим вирішити саме через відсутність таких ноу-хау. Наприклад, узгоджена робота в автоматичному режимі кількох роботів різних виробників не може бути здійснена на базі стандартного контролера. Причина – у відсутності доступу до опціонів сенсорики та деяких інтерфейсів в системі керування роботами, які не виробляються, а купуються в готовому вигляді, як «закритої системи». Ціни на необхідне спеціальне програмне забезпечення системи управління, що встановлюються фірмами, дуже високі.

4. Для створення альтернативи таким технологіям необхідно постійно вести роботи по створенню та розвитку власної системи управління для технологічних роботів. Система управління є найбільш наукоємною частиною будь-якої роботизованої технологічної клітинки або лінії. Без системи управління випуск власних технологічних роботів і розвиток власних роботизованих технологій неможливі без напрацювання власних ноу-хау у сфері ключових технологій, зокрема роботизованих, Україна залишиться в ролі наздоганяючого по відношенню до закордонних конкурентів.

5. Уявлення щодо робототехніки та ролі промислових роботів у сучасному вітчизняному виробництві ще не до кінця сформовані. Необхідність розвитку промислової робототехніки як засобу забезпечення конкурентоспроможності багатьох видів машинобудівного виробництва недостатньо усвідомлюється органами державної влади, відповідальними за промислову політику.

6. Україна неминуче увійде в якісний період свого розвитку, коли попит на роботизовані технології буде не менше, ніж у розвинених країнах, а кількість кваліфікованих компаній, які займаються проектуванням та виготовленням робототехнічних комплексів, зросте в рази.

Метою винаходу є розширення технологічних можливостей, а саме забезпечення руху кожного пальця кисті робота в 3D просторі, зокрема в ангулярній системі координат, притаманній кисті руки людини – частині руки від зап'ястя до кінця пальців, що й визначає назву пристрою – антропоморфна (anthropomorphous) кисть промислового робота.

Тут слід зауважити, що ангулярна система координат є різновидом сферичної системи координат і відрізняється відсутністю кінематичних ланок поступального руху, а містить тільки ланки обертового (під кутом) руху, що властиво устрою людської кисті.

Технічний результат досягається тим, що пристрій, який заявляється, згідно з винаходом оснащений фалангами пальців, що містять по чотири еластичні оболонки трапецоїдного перетину, верхня й нижня основи котрих виконані у вигляді гофрів з різною площею поверхні за рахунок різниці їх висоти й кроку, причому зазначені оболонки встановлені по дві у взаємно перпендикулярному напрямку й закріплені нерухомо своїм початком на корпусі сфери, а своїм закінченням установлені рухливо на валу, оснащеним півсферою, що з'єднана рухливо із зазначеною сферою.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Александрова Т. В. , Шеломенцев Е. Е. Разработка обучающей системы с элементами нечеткой логики [Электронный ресурс] // Искусственный 11 интеллект: философия, методология, инновации: сборник трудов VIII Всероссийской конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Часть 1. Секции 1-5, Москва, 20-22 Ноября 2014. – Москва: МГТУ МИРЭА, 2014 – С. 47-52. – Режим доступа: http://www.scmaiconf.ru/public_files/2014/sbornik_1.pdf
2. Белов, М.П. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов / М.П. Белов, А.Д. Новиков, Л.Н. Рассудов. – М.: Академия, 2007. – 576 с.
3. Вальвачев А. Н., Сурков К. А. Программирование на языке Delphi. Учебное пособие / А. Н. Вальвачев, К. А. Сурков. – 2005
4. Василенко Н.В. ОСНОВЫ РОБОТОТЕХНИКИ. Томск:Раско, 1993. – 543 с.
5. Васильев. В.Н. Гибкие производственные системы, промышленные роботы, робототехнические комплексы: В 14 кн. Кн. 11. Перспективы развития ГПС: Практ. пособие / Под ред. Б.И. Черпакова. М.: Высш. шк., 1989. – 111 с.
6. Жиденко И., Кутлубаев И. Методика определения сигналов управления антропоморфным манипулятором // Мехатроника. Автоматизация. Управление: теоретический и прикладной научно-технический журнал / под ред. Н. Б. Филимонова. 2014. – № 5. – С. 41-46.
7. Кулаков Б.Б., Кулаков Д.Б., Беляев В.В. Антропоморфные роботы как новая сфера применения Аидроприводов. Инженерный журнал: наука и инновации, 2013, – вып. 4. – Режим доступа: <http://engjournal.ru/catalog/machin/hydro/682.html> (Дата обращения: 17.08.2018).
8. Мордовченко Д.Д., Станкевич Л.А., Яковлев А.В. Опыт разработки антропоморфных роботов и программ-агентов по футболу роботов на фирме «Новая

ЭРА», Санкт-Петербург. Тезисы доклада на семинаре «Робототехника и мехатроника». – М.: изд-во «Новые технологии», 2004.

9. Нил Дж. Рубенкинг. Язык программирования Delphi для «чайников». Введение в Borland Delphi 2006 = Delphi for Dummies / Нил Дж. Рубенкинг. – М.: Диалектика, 2007. – 336 с.

10. Обоснование выбора структурной схемы роботов космического исполнения / А. А. Богданов, В. Б. Сычков, И. Г. Жиденко, И. М. Кутлубаев // Решетневские чтения : материалы XVII междунар. науч. конф. (12-14 ноября 2013, г. Красноярск) : в 2 ч. / под общ. ред. Ю. Ю. Логинова ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2013. – Ч. 1. – С. 278-280.

11. Создание и исследование робототехнической системы с интерактивным управлением / А. А. Богданов, В. Б. Сычков, И. Г. Жиденко, И. М. Кутлубаев // Решетневские чтения : материалы XVI междунар. науч. конф. (7-9 ноября 2012, г. Красноярск) : в 2 ч. / под общ. ред. Ю. Ю. Логинова ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2012. – Ч. 1. – С. 230-231.

12. Станкевич Л.А., Тихомиров В.В. Управление устойчивой походкой антропоморфного робота. Труды XIV НТК «Экстремальная робототехника». – СПб.: СПбГТУ, 2003.

13. Шеломенцев Е. Е. , Александрова Т. В. , Курганов С. М. Система активного управления податливостью антропоморфного робота // Перспективные системы и задачи управления: материалы Одиннадцатой Всероссийской научно-практической конференции и Седьмой молодежной школы-семинара "Управление и обработка информации в технических системах", Ростов-на-Дону, 4-8 Апреля 2016. – Ростов-наДону: ЮФУ, 2016 – Т. 2 – С. 121-125

14. Шеломенцев Е. Е., Александрова Т. В. Интеллектуальная система для обучения робототехнике в формате e-learning [Электронный ресурс] // Искусственный интеллект: философия, методология, инновации: сборник трудов VIII Всероссийской конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Часть

2. Секции 6-8, Москва, 20-22 Ноября 2014. – Москва: МГТУ МИРЭА, 2014 – С. 67-72. – Режим доступа: http://www.scmaiconf.ru/public_files/2014/sbornik_2.pdf

15. Шеломенцев Е. Е. Реализация системы управления для антропоморфного манипулятора [Электронный ресурс] // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 2 т., Томск, 12-14 Ноября 2014. – Томск: ТПУ, 2014 – Т. 2 – С. 28-29. – Режим доступа: http://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2014/C04/V2/C04_V2.pdf

16. Шеломенцев Е.Е. Обучение робота через демонстрацию посредством сенсора Kinect // Сборник трудов X Всероссийской научнопрактической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Томск, 2013. – С. 53-55.

17. Шеломенцев Е.Е. Ориентация мобильного робота в пространстве с помощью одометрии // Современные методы механики: материалы Международной конференции. – Томск, 2012. – С. 96-97.

18. Шеломенцев Е.Е. Практическая реализация KINECT управления андроидом BIOLOID // «Современные техника и технологии»: Труды 10 XIX Международной научно-практической конференция студентов и молодых учёных. – Томск, 2013. – С. 403-404.

19. Шеломенцев Е.Е. Применение безмаркерной технологии MotionCapture для управления поведением робота // Сборник трудов X Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и современные информационные технологии». – Томск, 2012. – С. 259-260.

20. Шеломенцев Е.Е. Решение проблемы распознавания жестов для управления поведением робота // Сборник трудов XI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и современные информационные технологии». – Томск, 2013. – С. 278-280.

21. Шеломенцев Е.Е. Сравнительный анализ шасси мобильных роботов // Современные методы механики: материалы Международной конференции. – Томск, 2012. – С. 97-99.
22. Шеломенцев Е.Е. Управление роботом андроидного типа с помощью сенсора Kinect // Материалы VIII Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы современных наук – 2012». – Пшемысль, 2012. – С. 42-45.
23. Шеломенцев Е.Е. Управление роботом андроидного типа с помощью сенсора Kinect [Электронный ресурс] // Управление в технических, эргатических, организационных и сетевых системах: Труды 5-ой Российской мультikonференции по проблемам управления. – СанктПетербург, 2012. – Режим доступа: <http://uteoss2012.ipu.ru/procdngs/0670.pdf>
24. Шеломенцев Е.Е. Фильтрация устойчивых положений человекоподобного робота // Ресурсоэффективным технологиям – энергию и энтузиазм молодых: сборник научных трудов V Всероссийской конференции студентов Элитного технического образования. – Томск, 2014. – С. 124-126.
25. Шеломенцев Е.Е., Александрова Т.В., Реализация KINECT управления антропоморфным роботом BIOLOID // Сборник докладов IV Всероссийской конференции студентов Элитного технического образования «Ресурсоэффективным технологиям – энергию и энтузиазм молодых». – Томск, 2013. – С.152-154.
26. Шеломенцев Е.Е., Дусеев В.Р. Сравнительный анализ различных способов управления роботом андроидного типа // «Современные техника и технологии»: Труды XVIII Международной научнопрактической конференция студентов и молодых учёных. – Томск, 2012. – С. 439-440.
27. Электронный каталог компаний «Harmonic drive» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.harmonicdrive.net> (дата обращения: 03.09.2018).

28. Электронный каталог компаний «Maxon motor» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.maxonmotor.com/maxon/view/product/motor/dcmotor/re/re35/285788> (дата обращения: 03.09.2018).
29. Электронный каталог компаний «Maxon motor» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.maxonmotor.com/maxon/view/product/motor/dcmotor/re/re40/148877> (дата обращения: 03.09.2018).
30. Aoustin Y., Formal'sky A. Postural Control of a Feet-less Biped Vertical Posture Using Limited Torques, Robotics: Trends Principles and Applications, University of New Mexico, pp. 485-490.
31. Bhounsule Pr.A., Cortell J., Ruina A. Design and Control of Ranger: an Energy efficient, Dynamic Walking Robot. CLAWAR 2012: Proceeding of the 15th International Conference on Climbing and Walking Robots and the Support Technologies for Mobile Machines, Baltimore, MD, USA, 23–26 july, 2012, pp. 441-448.
32. DSP Controlled Drives with Embedded Permanent Magnet Synchronous Motors for Biped Walking Robot. D.D.Mordovchenko, A.V.Iakovlev, A.G.Mikerov, A.N.Doroshenko, V.V.Djankhotov. Proceedings of St.Petersburg IEEE Chapters, 2003, pp 78-81. SPb ETU "LETI" Publishing House.
33. Erbatur K. and Kawamura, A. (2003). "A new penalty based contact modeling and dynamics simulation method as applied to biped walking robots," Proc. 2003 FIRA World Congress, October 1-3, Vienna, Austria.
34. Erbatur K., Kurt O., (2009). "Natural ZMP Trajectories for Biped Robot Reference Generation," IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 56, No. 3, pp. 835-845, March.
35. Erbatur, K., Seven, U., Taskiran, E., Koca, O., Kızıltas, G., Ыnel, M., Sabanovic, A., Onat, A. (2008). "SURALP-L, The Leg Module of a New Humanoid Platform," Proc. IEEE/RAS International Conference on Humanoid Robots, pp. 168-173, Daejeon-Gъney Kore, December.
36. Erbatur, K., Seven, U., Taskiran, E., Koca, O., Yilmaz, M., Kızıltas, G., Ыnel, M., Sabanovic, A., Onat, A. (2009). "SURALP: A New Full-Body Humanoid Robot

Platform", IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, IROS, St. Louis, MO, USA, October.

37. Formal'skii A., Ballistic Walking Design via Impulsive Control. *Journal of Aerospace Engineering*, 2010, no 129, pp. 129-138.

38. Fujimoto, Y. and Kawamura, A. (1998). "Simulation of an autonomous biped walking robot including environmental force Interaction", *IEEE Robotics and Automation Magazine*, pp. 33-42, June.

39. Hirai K., Hirose, M., Haikawa, Y. and Takenaka, T. (1998). "The development of Honda humanoid robot", *Proceedings of IEEE Int.Conf. on Robotics and Automation*, pp: 1321 -1326 vol.2. May.

40. Hirukawa, H., Hattori, S., Kajita, S., Harada, K., Kaneko, K., Kanehiro, F., Morisawa M. and Nakaoka, S. (2007). "A Pattern Generator of Humanoid Robots Walking on a Rough Terrain," in 2007 Proc. IEEE Int. Conf. Robotics and Automation, pp. 2181-2187.

41. Hyon, S. and Cheng, G. (2006). "Gravity Compensation and Full-Body Balancing for Humanoid Robots," *IEEE-RAS/RSJ Int. Conf. on Humanoid Robots (Humanoids 2006)*, CD-ROM, pp. 214-221, December.

42. Kajita, S. and Tani, K. (1996b). "Experimental Study of Biped Dynamic Walking," in *IEEE Control Systems Magazine*, vol. 16, Feb. , pp. 13–19.

43. Kajita, S., Kanehiro, F., Kaneko, K., Fujiwara, K., Harada, K., Yokoi, K., Hirukawa, H. (2003). "Biped walking pattern generation using preview control of the zero-moment-point", *IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation*, pp: 1620 - 1626, vol.2, Taipei, Taiwan, September.

44. Kaneko, K., Kanehiro, F., Kajita, S., Yokoyama, K., Akachi, K., Kawasaki, T., Ota, S. and Isozumi, T. (2002). "Design of prototype humanoid robotics platform for HRP", *IEEE Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems*, pp.2431-2436, vol.3, October.

45. Kim, J. H., Park, I. W., Oh, J. H. (2007). "Walking Control Algorithm of Biped Humanoid Robot on Uneven and Inclined Floor", *J Intell Robot Syst* (2007) 48:457–484, January.
46. Ogura, Y., Aikawa, H., Shimomura, K., Kondo, H., Morishima, A., Lim H. and Takanishi, A. (2006). "Development of A Humanoid Robot WABIAN-2," *Proc. IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation*, pp. 76-81. Kajita, S. and Tani, K. (1996a). "Adaptive Gait Control of a Biped Robot Based on Realtime Sensing of the Ground Profile," in 1996 *Proc. IEEE Int. Conf. Robotics and Automation*, pp. 570-577.
47. Park, J. H., (2003). "Fuzzy-Logic Zero-Moment-Point Trajectory Generation for Reduced Trunk Motions of Biped Robots," *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 134, No. 1, pp. 189-203.
48. Sakagami, Y., Watanabe, R., Aoyama, C., Shinichi, M., Higaki, N. and Fujimura, K. (2002). "The intelligent ASIMO: System overview and integration", *Proceedings of the IEEE Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems*, Lausanne, Switzerland, October.
49. Service Robotics Market Analysis By Application (Professional, Personal) And Segment Forecasts To 2020. Published: November 2014 . ISBN Code: 978-1-68038-040-8
50. Shelomentsev E. E. , Aleksandrova T. V. Design of the filter to statically stabilize positions of the anthropomorphous robot using ZMP Method // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. – 2014 – Vol. 66– №. 1, Article number 012027. – p. 1-4
51. Shelomentsev E. E. , Aleksandrova T. V. Design of the teleoperation algorithm to control the humanoid robot [Electronic resorces] // *Мехатроника: устройства и управление: сборник трудов IV Российскокорейского научно-технического семинара*, Tomsk, January 28-29, 2015. – Томск: Изд-во ТПУ, 2015 – p. 9-11. – Mode of access: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2015/C102/C102.pdf>

52. Taskiran, E., Seven, U., Koca, O., Yilmaz M. and Erbatur, K. (2009). "Walking Control of a Biped Robot on an Inclined Plane," Proc. ICONS 2009– The 2nd International Conference on Intelligent Systems and Control, Istanbul, Turkey, September.
53. Taskiran, E., Yilmaz, M., Koca, O., Seven U. and Erbatur, K. (2010). "Trajectory Generation with Natural ZMP References for the Biped Walking Robot SURALP," Proc. 2010 IEEE International Conference on Robotics and Automation, ICRA, Alaska, USA.
54. Yilmaz, M., Seven. u., and Erbatur K., "Biped Robot Walking Control on Inclined Planes with Fuzzy Parameter Adaptation," IFAC Workshop on Adaptation and Learning in Control Systems and Signal Processing, ALCOSP 2010, August 26-28, 2010, Antalya-Turkey.
55. Yokoi, K., Kanehiro, F., Kaneko, K., Fujiwara, K., Kajita S. and Hirukawa, H. (2001). "A Honda Humanoid Robot Controlled by AIST Software," in 2001. IEEE Int. Conf. Humanoid Robots, pp. 259-264. S. M. Metev and V. P. Veiko, Laser Assisted Microtechnology, 2nd ed., R. M. Osgood, Jr., Ed. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 1998.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Технічне завдання

Міністерство освіти і науки України

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ» ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО
Факультет інформатики та обчислювальної техніки
Кафедра технічної кібернетики

«УЗГОДЖЕНО»

Керівник проекту

_____ к.т.н., доц. Поліщук М.М.

« 31 » жовтня 2017 р.

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедрою ТК

_____ д.т.н, проф. Пархомей І.Р.

« 31 » жовтня 2017 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію освітньо-кваліфікаційного рівня «Магістр»

«Модуль керування антропоморфним захватом промислового робота»

Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ІК-71.224112.02 ТЗ			
Розроб.		Палій Б.М.			Модуль керування антропоморфним захватом промислового робота	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірив		Поліщук М.М.					1	3
Н. контр.		Пасько В.П.			Технічне завдання	КПІ ім. Ігоря Сікорського ФІОТ, гр.ІК-71мп		
Затверд.		Пархомей І.Р.						

1. НАЙМЕНУВАННЯ І ОБЛАСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ

Найменування роботи – «Модуль керування антропоморфним захватом промислового робота».

Область застосування: використання при організації роботизованого промислового виробництва.

2. ПІДСТАВА ДЛЯ РОЗРОБКИ

Підставою для розробки є завдання на виконання роботи кваліфікаційно-освітнього рівня «магістр аналітик комп'ютерних систем», затверджене кафедрою технічної кібернетики Національного технічного університету України «Київський Політехнічний Інститут» імені Ігоря Сікорського.

3. ЦІЛЬ І ПРИЗНАЧЕННЯ РОБОТИ

Метою даного проекту є розробка структури модулю керування антропоморфним захватом промислового робота та розкриття основних принципів його функціонування.

4. ДЖЕРЕЛА РОБОТИ

Джерелами роботи є науково-технічна література з проектування роботизованих пристроїв, публікації у періодичних виданнях та електронні статті у мережі Інтернет.

5. ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

5.1 Вимоги до модулю, що розробляється

- забезпечення руху кожного пальця кисті робота в 3D просторі, зокрема в ангулярній системі координат, притаманній кисті руки людини – частині руки від зап'ястя до кінця пальців, що й визначає назву пристрою – антропоморфна (anthropomorphic) кисть промислового робота.
- пристрій, який заявляється, згідно з винаходом оснащений фалангами пальців, що містять по чотири еластичні оболонки трапецоїдного перетину, верхня й нижня основи котрих виконані у вигляді гофрів з різною площею поверхні за рахунок різниці їх висоти й кроку, причому

					ІК-71.224112.02 ТЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		2

зазначені оболонки встановлені по дві у взаємно перпендикулярному напрямку й закріплені нерухомо своїм початком на корпусі сфери, а своїм закінченням установлені рухливо на валу, оснащеним півсферою, що з'єднана рухливо із зазначеною сферою.

- корпус кожної сфери встановлений на циліндричних шарнірах, закріплених на фланці кожної фаланги й розміщених у напрямку, перпендикулярному поздовжньої осі кожної фаланги пальців.

5.2 Вимоги до апаратного забезпечення

- Комунікаційне обладнання (комутатори 2-го та 3-го рівнів, маршрутизатори).
- Серверне обладнання та виробничі сервери.
- Робочі станції.

5.3 Вимоги до мінімального програмного забезпечення

- Наявність мережевої карти з одним чи більше мережевим інтерфейсом.
- Мережева операційна система.
- Драйвери для відповідних спеціальних пристроїв.

					ІК-71.224112.02 ТЗ	Лист
						3
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

ДОДАТОК Б

Лістинг коду

ДОДАТОК Б

ЛІСТИНГ КОДУ

```
#include <TimerOne.h>

//sensor pins
const int s0=3;
const int s1=8;
const int s2=9;
const int s3=10;
const int SENSOR_LED=11;
const int SENSOR_FREQ_IN=2;
const int SENSOR_POLL_PERIOD=500;//ms

//motor control pins
const int E1 = 5; //M1 Speed Control
const int E2 = 6; //M2 Speed Control
const int M1 = 4; //M1 Direction Control
const int M2 = 7; //M1 Direction Control

const int LED_INDICATOR = 13;

const byte WATCHDOG = 0;
const byte BACK_BACK = 1;
const byte BACK_ZERO = 2;
const byte BACK_FWD = 3;
const byte ZERO_BACK = 4;
const byte ZERO_ZERO = 5;
const byte ZERO_FWD = 6;
const byte FWD_BACK = 7;
const byte FWD_ZERO = 8;
const byte FWD_FWD = 9;

const byte NORMAL_LEVEL = 250;

const byte OVER_ZONE = 0x01;
const byte NOT_OVER_ZONE = 0x02;

const unsigned long MAX_WATCHDOG_MS = 1100;

void setup(void)
{
  int i;
  for(i=4;i<=7;i++)
    pinMode(i, OUTPUT);

  Serial.begin(9600); //Set Baud Rate

  pinMode(s0,OUTPUT);
  pinMode(s1,OUTPUT);
  pinMode(s2,OUTPUT);
  pinMode(s3,OUTPUT);
  pinMode(SENSOR_LED,OUTPUT);
  pinMode(SENSOR_FREQ_IN,INPUT); //do we need this?

  Timer1.initialize(); // initialize timer1
  Timer1.attachInterrupt(timer1Callback,1000000); //1 sec
}

////////////////////////////////////
//          COLOR SENSOR
////////////////////////////////////

void sensorDisable()
{
  //power down
  digitalWrite(s0,LOW);
  digitalWrite(s1,LOW);

  //turn off LED
  digitalWrite(SENSOR_LED,LOW);
}
```

```

void sensorEnable()
{
  //20% frequency
  digitalWrite(s0,HIGH);
  digitalWrite(s1,LOW);

  //turn on LED
  digitalWrite(SENSOR_LED,HIGH);
}

//returns frequency in Hz
long measureFreq()
{
  const int SAMPLES = 16;
  long totalPeriod = 0;
  for(int i=0;i<SAMPLES;i++)
    totalPeriod += 2 * pulseIn(SENSOR_FREQ_IN, HIGH);

  float avgPeriod = (float)totalPeriod/(float)SAMPLES;

  return (long)(1000000/avgPeriod);
}

int measureFreqAllChannels(long* red, long* green, long* blue, long* white)
{
  sensorEnable();

  //red
  // digitalWrite(s2,LOW);
  // digitalWrite(s3,LOW);
  // *red = measureFreq();

  //blue
  // digitalWrite(s2,LOW);
  // digitalWrite(s3,HIGH);
  // *blue = measureFreq();

  //green
  // digitalWrite(s2,HIGH);
  // digitalWrite(s3,HIGH);
  // *green = measureFreq();

  //clear
  digitalWrite(s2,HIGH);
  digitalWrite(s3,LOW);
  *white = measureFreq();

  sensorDisable();
}

const long WHITE_LEVEL_OVER_ZONE = 20000;
byte recentZoneCode = NOT_OVER_ZONE;
unsigned long recentZonePacketStamp = millis();
int checkColor()
{
  long red, green, blue, white;
  measureFreqAllChannels(&red,&green,&blue,&white);

  byte newZoneCode =(white>WHITE_LEVEL_OVER_ZONE) ? OVER_ZONE : NOT_OVER_ZONE;
  if(newZoneCode!=recentZoneCode)
  {
    //send new zone code
    sendZonePacket(newZoneCode);
  }
  else if(newZoneCode==OVER_ZONE && millis() - recentZonePacketStamp > 2000)
  {
    //if we are in zone, and recent zone packet was sent longer than 2 seconds ago, send new zone packet
    sendZonePacket(newZoneCode);
  }

  recentZoneCode = newZoneCode;

  // Serial.print("r,g,b,w ");
  // Serial.print(red);
  // Serial.print(" ");
  // Serial.print(green);
  // Serial.print(" ");
  // Serial.print(blue);

```

```

// Serial.print(" ");
// Serial.print(white);
// Serial.println("");
}

////////////////////////////////////
//          COM protocol, packets
////////////////////////////////////

const byte PACKET_SIZE = 5;
const byte HEADER_BYTE = 0xFF;
const byte COM_TEST_PACKET = 0x01;
const byte COM_ZONE_PACKET = 0x02;

void sendZonePacket(byte zoneCode)
{
  const byte BUF_SIZE = PACKET_SIZE + 1;
  byte bytes[BUF_SIZE];
  bytes[0] = HEADER_BYTE;
  bytes[1] = COM_ZONE_PACKET;
  bytes[2] = zoneCode;
  recentZonePacketStamp = millis();
  Serial.write(bytes, BUF_SIZE);
}

void longToBytesLE(long l, byte* bytes)
{
  bytes[3] = l;
  bytes[2] = l >> 8;
  bytes[1] = l >> 16;
  bytes[0] = l >> 24;
}

void sendTestPackets()
{
  const int BUF_SIZE = 13;
  byte bytes[BUF_SIZE];
  bytes[0] = 65; // garb
  bytes[1] = HEADER_BYTE;
  bytes[2] = COM_TEST_PACKET;
  bytes[3] = 1;
  bytes[4] = 2;
  bytes[5] = 3;
  bytes[6] = 4;
  bytes[7] = HEADER_BYTE;
  bytes[8] = COM_TEST_PACKET;
  bytes[9] = 9;
  bytes[10] = 10;
  bytes[11] = 11;
  bytes[12] = 12;

  Serial.write(bytes, BUF_SIZE);
}

////////////////////////////////////
//          motor control
////////////////////////////////////

void leftBack(byte level)
{
  digitalWrite(M1, LOW);
  analogWrite(E1, level);
}

void leftFwd(byte level)
{
  digitalWrite(M1, HIGH);
  analogWrite(E1, level);
}

void leftZero()
{
  digitalWrite(E1, LOW);
}

void rightBack(byte level)
{
  digitalWrite(M2, LOW);
}

```

```

    analogWrite(E2,level);
}
void rightFwd(byte level)
{
    digitalWrite(M2,HIGH);
    analogWrite(E2,level);
}
void rightZero()
{
    digitalWrite(E2,LOW);
}

```

```

////////////////////////////////////

```

```

int i = 0;
unsigned long recentHeartbeat = millis();
unsigned long recentSensorPoll = millis();
void loop(void)
{
    // if(++i % 500==0)
    // {
    //     sendTestPackets();
    // }

    //no control signals
    if(!Serial.available())
    {
        if(millis()-recentSensorPoll>SENSOR_POLL_PERIOD)
        {
            checkColor();
            recentSensorPoll = millis();
        }
        return;
    }

    switch(Serial.read())
    {
        case WATCHDOG:
            recentHeartbeat = millis();
            break;
        case BACK_BACK:
            leftBack(NORMAL_LEVEL);
            rightBack(NORMAL_LEVEL);
            break;
        case BACK_ZERO:
            leftBack(NORMAL_LEVEL);
            rightZero();
            break;
        case BACK_FWD:
            leftBack(NORMAL_LEVEL);
            rightFwd(NORMAL_LEVEL);
            break;
        case ZERO_BACK:
            leftZero();
            rightBack(NORMAL_LEVEL);
            break;
        case ZERO_ZERO:
            leftZero();
            rightZero();
            break;
        case ZERO_FWD:
            leftZero();
            rightFwd(NORMAL_LEVEL);
            break;
        case FWD_BACK:
            leftFwd(NORMAL_LEVEL);
            rightBack(NORMAL_LEVEL);
            break;
        case FWD_ZERO:
            leftFwd(NORMAL_LEVEL);
            rightZero();
            break;
        case FWD_FWD:
            leftFwd(NORMAL_LEVEL);
            rightFwd(NORMAL_LEVEL);
            break;
    }
}

```

```

delay(20);
}

void checkWatchdog(unsigned long recent)
{
if(millis()-recent>MAX_WATCHDOG_MS)
{
leftZero();
rightZero();
}
}

bool lightOn;
void timer1Callback()
{
checkWatchdog(recentHeartbeat);

lightOn = !lightOn;
if(lightOn)
digitalWrite(LED_INDICATOR, HIGH);
else
digitalWrite(LED_INDICATOR, LOW);
}

```

```

unit Main;

```

```

interface

```

```

uses

```

```

Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
Dialogs, StdCtrls, ComPort, IdIOHandler, IdIOHandlerSocket, IdIOHandlerStack,
IdBaseComponent, IdComponent, IdTCPConnection, IdTCPClient,
packets, PacketReader, ComReader, RoboControlState, ExtCtrls, Robot, Config;

```

```

type

```

```

TForm1 = class(TForm)
tcpClient: TIdTCPClient;
ioHandler: TIdIOHandlerStack;
Memo1: TMemo;
WatchdogTimer: TTimer;
GroupBox1: TGroupBox;
MsgMemo: TMemo;
btnBroadcastMsg: TButton;
GroupBox2: TGroupBox;
rdRobot: TRadioGroup;
Edit1: TEdit;
GroupBox3: TGroupBox;
btnTestSocket: TButton;
btnTests: TButton;
btnSendRoboZone: TButton;
GroupBox4: TGroupBox;
btnStopWatch: TButton;
btnClearLog: TButton;
GroupBox5: TGroupBox;
comPorts: TRadioGroup;
Label1: TLabel;
lblPort: TLabel;
Label2: TLabel;
btnReconnect: TButton;
GroupBox6: TGroupBox;
ArenaStatusMemo: TMemo;
btnSendArenaStatus: TButton;
rdSuspendResume: TRadioGroup;
procedure Edit1KeyDown(Sender: TObject; var Key: Word; Shift: TShiftState);
procedure FormCreate(Sender: TObject);
procedure FormDestroy(Sender: TObject);
procedure btnTestSocketClick(Sender: TObject);
procedure tcpClientConnected(Sender: TObject);
procedure btnBroadcastMsgClick(Sender: TObject);
procedure btnTestsClick(Sender: TObject);
procedure Edit1KeyUp(Sender: TObject; var Key: Word; Shift: TShiftState);
procedure WatchdogTimerTimer(Sender: TObject);
procedure btnStopWatchClick(Sender: TObject);
procedure btnSendRoboZoneClick(Sender: TObject);

```

```

procedure Edit1Change(Sender: TObject);
procedure btnClearLogClick(Sender: TObject);
procedure comPortsClick(Sender: TObject);
procedure rdRobotClick(Sender: TObject);
procedure btnReconnectClick(Sender: TObject);
procedure btnSendArenaStatusClick(Sender: TObject);
procedure rdSuspendResumeClick(Sender: TObject);
private
  FControlState: TRoboControlState;

  FPacketHandler: TRoboPacketHandler;

  Robots: array [1 .. 2] of TRobot;

  FWatchdogCount: integer;

  procedure Log(msg: string);
  procedure OnPacketReceived(p: TRoboCommandPacket);
  procedure OnComReceived(RobotId: byte; const packet: TComPacket);
  procedure SetStatusTitle;
  procedure WriteToGuiAddressedRobot(cmd: byte);
  procedure UpdatePortLabel(robotId: integer);
  function PortType(): TPortType;
public
  { Public declarations }
end;

var
  Form1: TForm1;

implementation

{$R *.dfm}

uses
  Tests;

procedure TForm1.btnBroadcastMsgClick(Sender: TObject);
begin
  packets.SendBroadcastMsg(MsgMemo.Lines.Text,ioHandler);
end;

procedure TForm1.btnClearLogClick(Sender: TObject);
begin
  Memo1.Clear;
end;

procedure TForm1.btnReconnectClick(Sender: TObject);
begin
  tcpClient.Disconnect();
  tcpClient.Connect();
end;

procedure TForm1.btnSendArenaStatusClick(Sender: TObject);
begin
  packets.SendArenaState(ArenaStatusMemo.Lines.Text,ioHandler);
end;

procedure TForm1.btnSendRoboZoneClick(Sender: TObject);
begin
  packets.SendZone(1,ZONE_OVER,ioHandler);
end;

procedure TForm1.btnStopWatchClick(Sender: TObject);
begin
  if WatchdogTimer.Enabled then
  begin
    WatchdogTimer.Enabled := false;
    btnStopWatch.Caption := 'Ilyck';
  end
  else
  begin
    WatchdogTimer.Enabled := true;
    btnStopWatch.Caption := 'Cron';
  end;
end;

procedure TForm1.btnTestSocketClick(Sender: TObject);
begin

```

```

if not tcpClient.Connected then
    tcpClient.Connect();

packets.Test(ioHandler);
end;

procedure TForm1.comPortsClick(Sender: TObject);
var
    robotId: integer;
begin
    // recreate robot
    robotId := rdRobot.ItemIndex + 1;
    if Robots[robotId] <> nil then
        Robots[robotId].Free;

    Robots[robotId] := TRobot.Create(robotId,
        Config.Port(robotId, PortType()),
        OnComReceived);

    UpdatePortLabel(robotId);
    SetStatusTitle();
end;

function TForm1.PortType(): TPortType;
begin
    if comPorts.ItemIndex = 0 then
        result := TPortType.ptBluetooth
    else
        result := TPortType.ptCom;
end;

procedure TForm1.rdSuspendResumeClick(Sender: TObject);
begin
    if rdSuspendResume.ItemIndex = 0 then
        begin
            packets.SendSuspendResume(packets.ARENA_RESUME,ioHandler);
            Log('resuming arena');
        end
    else
        begin
            packets.SendSuspendResume(packets.ARENA_SUSPEND,ioHandler);
            Log('suspending arena');
        end;
end;

procedure TForm1.UpdatePortLabel(robotId: integer);
begin
    if Robots[robotId] <> nil then
        lblPort.Caption := Robots[robotId].Port
    else
        lblPort.Caption := "";
end;

procedure TForm1.btnTestsClick(Sender: TObject);
begin
    Tests.Run();
end;

procedure TForm1.WriteToGuiAddressedRobot(cmd: byte);
var
    robo: TRobot;
    ok:boolean;
begin
    robo := Robots[rdRobot.ItemIndex + 1];
    if robo <> nil then
        begin
            ok := robo.WriteByte(cmd);
            if not ok then
                begin
                    Log('>>COM closed');
                    Beep();
                end;
            end;
        end;
end;

procedure TForm1.Edit1Change(Sender: TObject);
begin
    Edit1.Text := "";
end;

```

```

procedure TForm1.Edit1KeyDown(Sender: TObject; var Key: Word;
  Shift: TShiftState);
begin
  if RoboControlState.keyDown(FControlState, Key) then
    WriteToGuiAddressedRobot(RoboControlState.getCode(FControlState));
end;

procedure TForm1.Edit1KeyUp(Sender: TObject; var Key: Word; Shift: TShiftState);
begin
  if RoboControlState.keyUp(FControlState, Key) then
    WriteToGuiAddressedRobot(RoboControlState.getCode(FControlState));
end;

procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);
var
  robotId: integer;
begin
  Config.ReadConfig;
  Memo1.Lines.Add('SERVER_ADDR: ' + Config.SERVER_ADDR);
  Memo1.Lines.Add('PORT: ' + IntToStr(Config.TCP_PORT));

  Memo1.Lines.Add('USB_COM_PORT1: ' + Config.USB_COM_PORT1);
  Memo1.Lines.Add('BLUETOOTH_COM_PORT1: ' + Config.BLUETOOTH_COM_PORT1);

  Memo1.Lines.Add('USB_COM_PORT2: ' + Config.USB_COM_PORT2);
  Memo1.Lines.Add('BLUETOOTH_COM_PORT2: ' + Config.BLUETOOTH_COM_PORT2);

  tcpClient.Host := Config.SERVER_ADDR;
  tcpClient.Port := Config.TCP_PORT;

  try
    tcpClient.Connect;
  except
    Log('No TCP/IP connection');
  end;

  for robotId:=low(Robots) to high(Robots) do
  begin
    Robots[robotId] := TRobot.Create(robotId,
      Config.Port(robotId, TPortType.ptBluetooth),
      OnComReceived);
  end;
  SetStatusTitle();

  UpdatePortLabel(rdRobot.ItemIndex + 1);
end;

procedure TForm1.FormDestroy(Sender: TObject);
var
  robotId: integer;
begin
  if FPacketHandler <> nil then
    TerminateThread(FPacketHandler.Handle, 0);

  FreeAndNil(FPacketHandler);

  for robotId:=low(Robots) to high(Robots) do
    if Robots[robotId] <> nil then
      FreeAndNil(Robots[robotId]);
  end;

procedure TForm1.SetStatusTitle();
var
  robotStatus: string;
  robotId: integer;
  status: string;
begin
  status := '';
  for robotId:=low(Robots) to high(Robots) do
  begin
    if (Robots[robotId] <> nil) and Robots[robotId].ComPort.IsOpened() then
      robotStatus := IntToStr(robotId) + ': ONLINE '
    else
      robotStatus := IntToStr(robotId) + ': OFFLINE ';

  status := status + robotStatus;
end;

```

```

Caption := status;
end;

procedure TForm1.tcpClientConnected(Sender: TObject);
begin
  Log('connected, sending login');
  packets.SendLogin(ioHandler);

  FPacketHandler := TRoboPacketHandler.Create(ioHandler, OnPacketReceived);
end;

procedure TForm1.WatchdogTimerTimer(Sender: TObject);
var
  robotId: integer;
begin
  try
    for robotId := low(Robots) to high(Robots) do
    begin
      Robots[robotId].WriteByte(WATCHDOG);
    end;
  except
    Close();
  end;

  inc(FWatchdogCount);
  if FWatchdogCount mod 40=0 then
  begin
    Log('sending keepalive');
    packets.SendKeepAlive(ioHandler);
  end;
end;

procedure TForm1.Log(msg: string);
begin
  Memo1.Lines.Add(msg);
end;

// not thread safe, call from synchronize
procedure TForm1.OnPacketReceived(p: TRoboCommandPacket);
begin
  Log(Format('server>> robotid=%d cmd=%d', [p.robotId, p.Command]));

  if Robots[p.robotId] <> nil then
  if not Robots[p.robotId].WriteByte(p.Command) then
  begin
    Log('>>COM closed');
    Beep();
  end;
end;

procedure TForm1.rdRobotClick(Sender: TObject);
begin
  UpdatePortLabel(rdRobot.ItemIndex + 1);
end;

// not thread safe
procedure TForm1.OnComReceived(RobotId:byte; const packet: TComPacket);
begin
  case packet[0] of
    COM_TEST_PACKET:
      begin
        if not TestPacketOk(packet) then
          Log('ERROR: Incorrect test packet')
        else
          Log(Format('com rcv: %d %d %d %d', [packet[1],
            packet[2], packet[3], packet[4]]));
        end;
    COM_ZONE_PACKET:
      begin
        if packet[1]=OVER_ZONE then
          begin
            Log(Format('%d over zone',[RobotId]));
            packets.SendZone(RobotId,ZONE_OVER,ioHandler);
          end
        else if(packet[1]=NOT_OVER_ZONE) then
          begin
            Log(Format('%d not over zone',[RobotId]));
            packets.SendZone(RobotId,ZONE_NOT_OVER,ioHandler);
          end;
      end;
  end;
end;

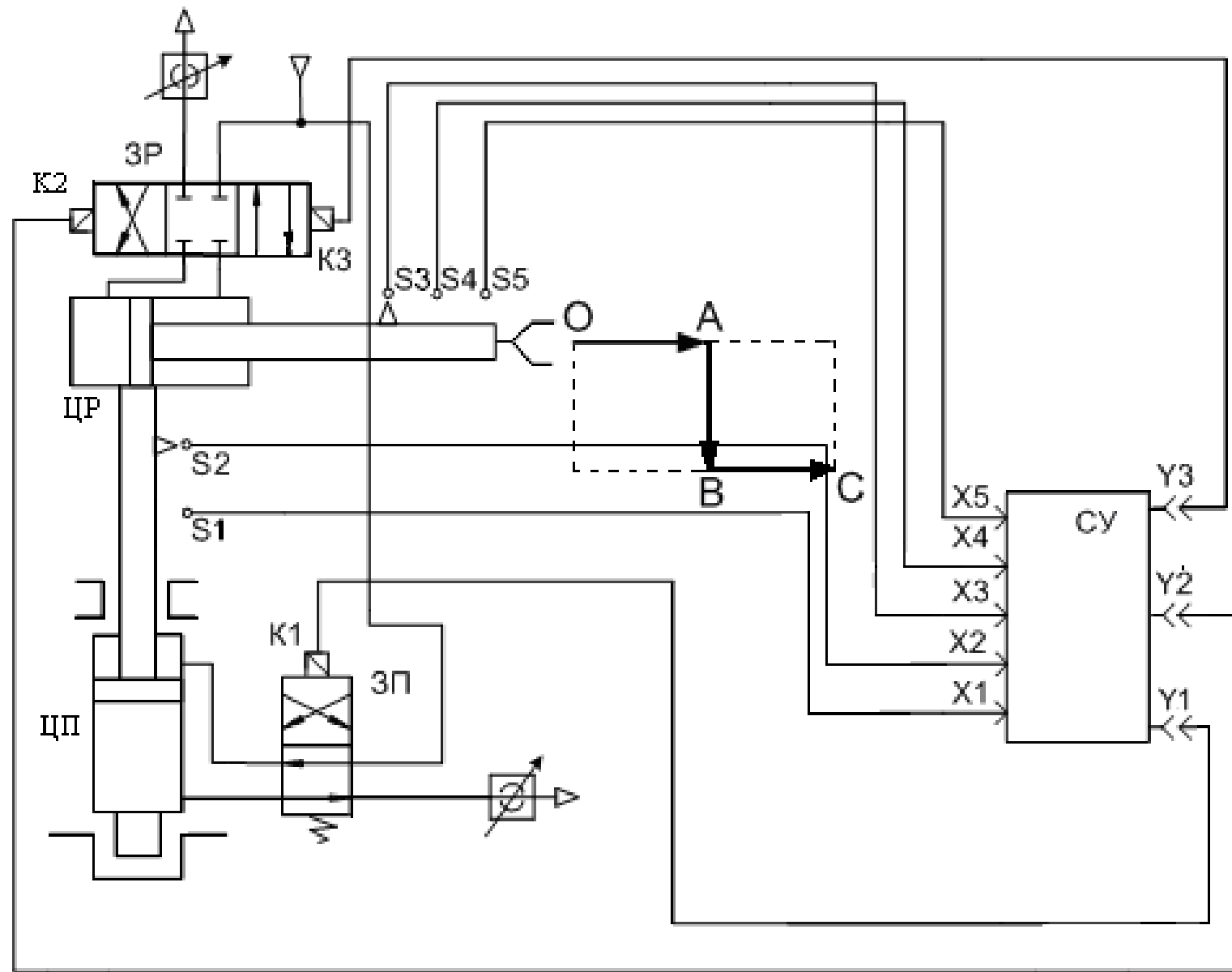
```

```
end
else
  raise Exception.Create('unknown zone code');
end;
else
  Log(Format('unknown packet %d',[packet[0]]));
end;
end;
```

end.

ДОДАТОК В

Принципова схема модулю керування



Інв. № ориг.	Підпис і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підпис і дата

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата
Розроб.	Палій Б.М.			
Перев.	Поліщук М.М.			
Н. контр	Пасько В.П.			
Затв.	Пархомей І.Р.			

ІК-71.224112.04 С3

Додаток В. Принципова
схема модулю керування

Літ.	Маса	Мірило
Арк. 1	Аркушів 1	

Кафедра
технічної кібернетики

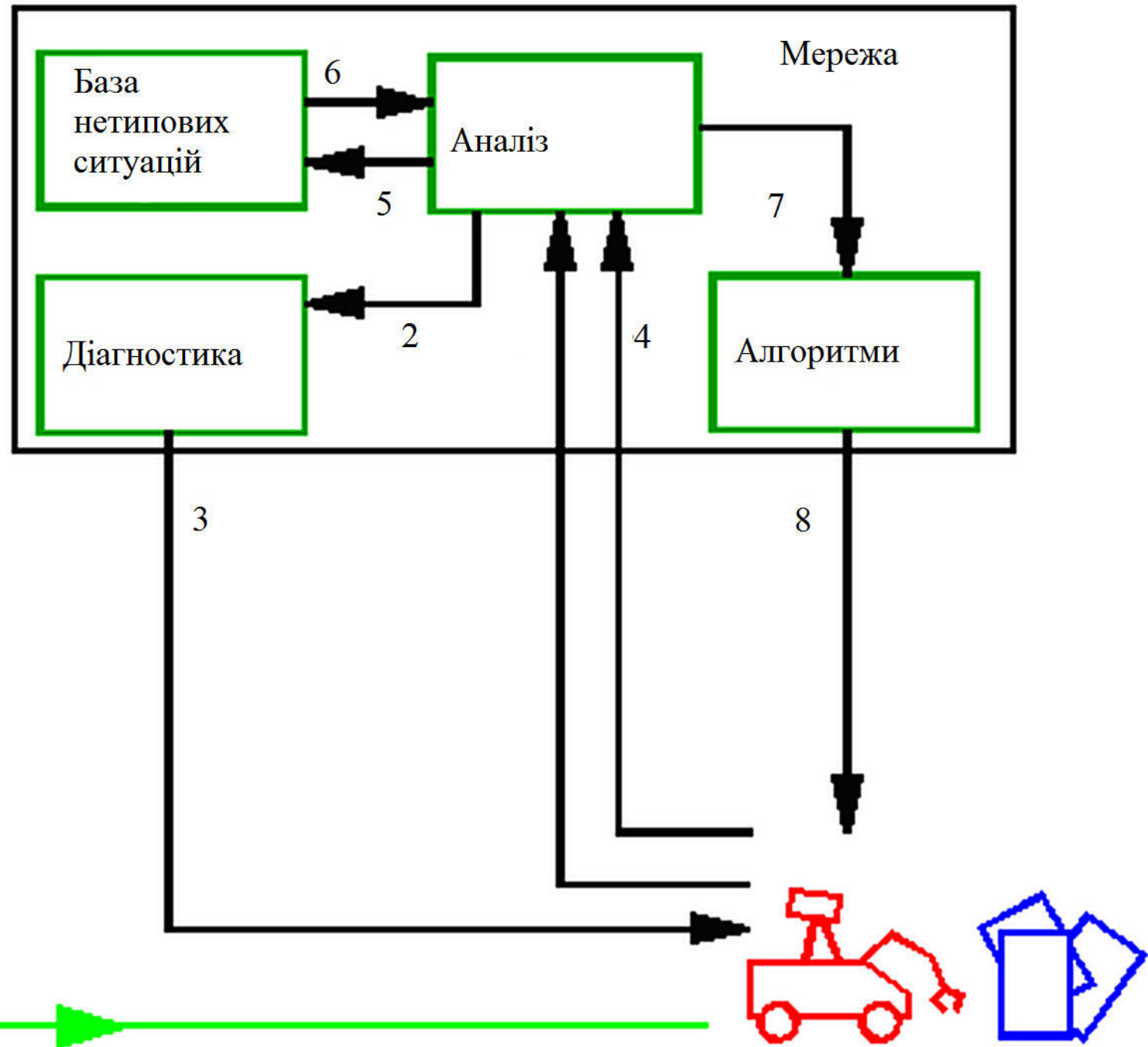
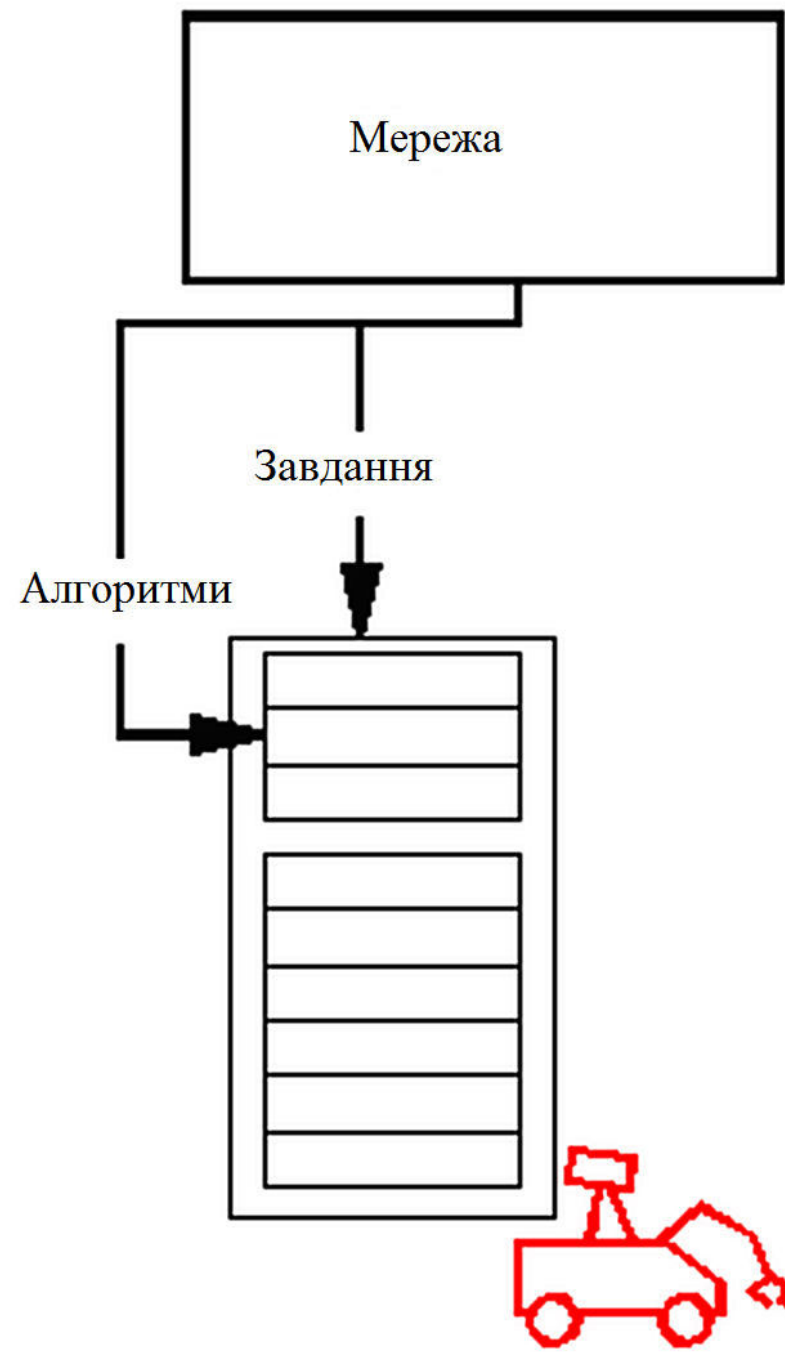
Група ІК-71мп

ДОДАТОК Г

Електрична схема модулю керування

ДОДАТОК Д

**Структурна схема роботи програми керування
промисловим роботом**



Інв. № дубл.	Підпис і дата
Взам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № ориг.	

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата
Розроб.	Палій Б.М.			
Перев.	Поліщук М.М.			
Н. контр	Пасько В.П.			
Затв.	Пархомей І.Р.			

ІК-71.224112.06 13		
Додаток Д. Структурна схема роботи програми керування промисловим роботом		
Літ.	Маса	Мірило
Арк. 1	Аркушів 1	
Кафедра технічної кібернетики		Група ІК-71мп

ДОДАТОК Е

Структурна схема методики побудови математичної моделі робочої зони промислового робота

ДОДАТОК Ж

Фреймова модель атрибутів агента-актора

ДОДАТОК И

Структура програмного забезпечення



Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Взам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № ориг.	

					ІК-71.224112.09 13			
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата	Додаток І. Структура програмного забезпечення			
						Літ.	Маса	Мірило
						Арк. 1	Аркушів 1	
					Кафедра технічної кібернетики			
					Група ІК-71мп			
Н. контр		Пасько В.П.						
Затв.		Пархомей І.Р.						

ДОДАТОК К

**Стаття «АНТРОПОМОРФНИЙ ПНЕВМАТИЧНИЙ
ЗАХВАТ З МОЖЛИВІСТЮ 3D РУХУ ПАЛЬЦІВ» -
«НАУКОВІ НОТАТКИ» №63**

ДОДАТОК К

СТАТТЯ «АНТРОПОМОРФНИЙ ПНЕВМАТИЧНИЙ ЗАХВАТ З МОЖЛИВІСТЮ
3D РУХУ ПАЛЬЦІВ» - «НАУКОВІ НОТАТКИ» №63

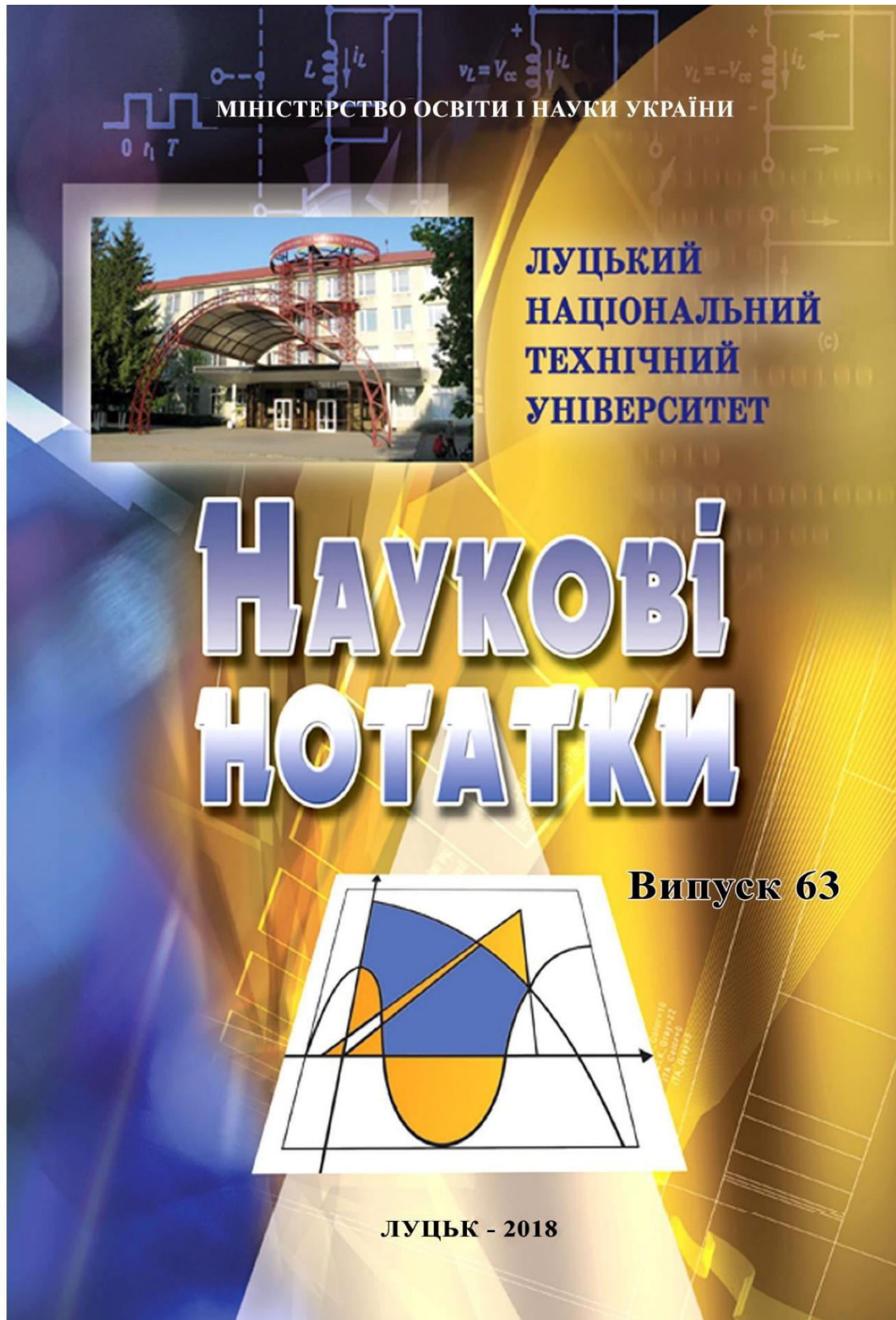


Рисунок К.1 –фрагмент статті

ЗМІСТ

<i>Зміст</i>	4
<i>Аль Ібрахімі Метак М.А.</i> Можливості розширення орієнтаційних можливостей багатокомпонентних верстатів.....	8
<i>Амелін М.Ю.</i> Забезпечення надійності транспортних засобів у контексті використання захисних полімерних нанокомпозитних покриттів.....	14
<i>Березін Л.М.</i> До розрахунків деталей на міцність, довговічність та надійність.....	22
<i>Брайло М.В., Букетов А.В., Якущенко С.В., Яцюк В.М.</i> Дослідження теплофізичних властивостей епокси-поліефірних композитів, модифікованих метилендіфенілдізоціанатом...	27
<i>Букетов А.В., Кулініч А.Г., Гусев В.М., Сметанкін С.О., Яцюк В.М.</i> Дослідження адгезійних властивостей модифікованих 4-амінобензойною кислотою полімерних композитних матеріалів.....	34
<i>Волков В.П., Павленко В.М.</i> Принцип створення бази знань для обслуговування легкових автомобілів за допомогою онтологій.....	40
<i>Ганзюк А.Я., Стремецький О.І.</i> Дослідження структурно - адсорбційних характеристик сапонітових глин, модифікованих амінами.....	46
<i>Гасан Ю.Г., Тарасевич В.І., Дроздова О.В.</i> Спеціальний облицювальний будівельний матеріал на основі гіпсу, модифікований золою і сіркою.....	56
<i>Гевко Б.М., Ляшук О.Л., Клендій М.І., Марчук Н.М., Котик Р.М.</i> Технологічність конструкції пристроїв і різальних інструментів для оброблення різьбових поверхонь.....	62
<i>Гевко Б.М., Стойко І.І., Клендій В.М., Марчук Н.М.</i> Результати експериментальних досліджень стійкості сверла-мітчика М7-7Н.....	67
<i>Гурик О.Я., Марчук Н.М., Гупка В.В., Диня В.І., Фльонц О.В., Семенів І.І.</i> Технологічний процес виготовлення внутрішніх багатогранників.....	73
<i>Залога В.О., Дядюра К.О., Рибалка І.М.</i> Особливості впровадження інтегрованих систем управління.....	77
<i>Захарова Л.М., Назимко І.В.</i> Підвищення темпів гірничих робіт як ефективний захід з управління дисипативними структурами навколо виробки.....	83
<i>Ковальчук С.Б., Горик О.В.</i> Рівняння теорії пружності для композитних брусів із плоскою віссю довільної форми у природній криволінійній системі координат.....	89
<i>Ларін О.О., Трубаєв О.І., Юдаєв В.В.</i> Комп'ютерний аналіз міцності колон елеватора при різних варіантах навантаження (частина №1).....	98
<i>Ларін О.О., Трубаєв О.І., Юдаєв В.В.</i> Комп'ютерний аналіз міцності колон елеватора при різних варіантах навантаження (частина №2).....	107
<i>Лещенко О.В.</i> Дослідження впливу структурно-активної добавки на властивості епоксидних композитів.....	114
<i>Мазін С.П., Маренко Г.М., Страшний І.Л., Франков В.М., Скраль В.В.</i> Пропозиції щодо конструкції водометної спецмашини для підрозділів охорони громадського порядку.....	123
<i>Мікуліч О.А.</i> Розвиток методу граничних інтегральних рівнянь до розв'язання нестационарних задач у континуумі Коссера.....	128
<i>Мороз І.А., Янчук О.М., Кашицький В.П.</i> Топологічна структура седиментаційних осадів карбонатів металів у водних розчинах неіонногенної ПАР.....	134
<i>Ніколюк П.К., Комаров В.Ф., Ніколюк П.П.</i> Інтелектуальне перехрестя.....	139
<i>Палій Б.М.</i> Антропоморфний пневматичний захват з можливістю 3D руху пальців.....	148
<i>Панасюк М.В.</i> Додаткова реальність, як новий інноваційний напрямок у оптиці і сервіс цього виду виробів, як необхідний чинник можливості її широкого використання.....	154
<i>Поліщук О.С.</i> Процес передачі енергії при ударному виконанні операцій легкої промисловості.....	163
<i>Пономарьова Н.В., Волкова Т.В.</i> Аналіз сучасного стану функціонування прикордонних пунктів пропуску в єдиному митному просторі країни.....	172
<i>Пригорюська Т.О., Войтенко П.І., Врюкало В.В., Питулей Л.Д., Роп'як Л.Я., Присяжнюк П.М., Бурда М.Й., Луцак Д.Л., Луцак Л.Д.</i> Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення PDC-доліт для підвищення їх експлуатаційних показників.....	177

<i>Повстяной О.Ю., Дороговец А.А.</i> Модельні дослідження формування засипки порошоків з урахуванням властивості матеріалу на базі моделей випадкової упаковки (двовірний випадок).....	183
<i>Ратушний О.В., Васильченко Д.Р., Дрофа А.О.</i> Концепція капілярного насоса.....	189
<i>Сапронова А.В.</i> Використання дисперсних добавок для підвищення адгезійних і фізико-механічних властивостей полімерних захисних покриттів.....	196
<i>Стухляк Д.П.</i> Вплив модифікатора 2,4-діамінотолуену на адгезійні властивості та залишкові напруження захисних полімерних покриттів.....	203
<i>Тазетдінов В.А.</i> Оптимізація процесу підбору інвентаря для настільного тенісу на основі побудови нейронних мереж за критеріями відповідності.....	209
<i>Тарельник В.Б., Гапонова О.П., Радіонов О.В.</i> Підвищення рівня екологічної безпеки при використанні інтегрованих способів підвищення якості сталевих деталей.....	214
<i>Тимошук В.М., Гінайло П.І., Лісковець С.М., Гуда О.В.</i> Про деякі оцінки модуля неперервності бігармонічної функції в обернених теоремах наближення.....	221
<i>Троснікова І.Ю.</i> Закономірності формування структури та властивостей спрямовано армованих композиційних матеріалів систем Mo-Si-B, WC-W ₂ C.....	226
<i>Халед Г.Б.</i> Квантово-хімічні дослідження енергії взаємодії між молекулами рубрену та стеариновою кислотою та рубреном і метиловим ефіром стеаринової кислоти.....	230
<i>Цідило К.І., Карник Р.Т., Витвицький В.С., Сапаров О.А.</i> Моделювання напружено-деформованого стану осьового різального інструменту методом скінченних елементів.....	235

CONTENT

<i>Contents</i>	4
<i>Al Ibrahimi Metak M.A.</i> The possibilities of expanding the orientation capabilities of multi component machine tools.....	8
<i>Amelin M.Yu.</i> Ensuring the reliability of vehicles in the context of the use of protective polymeric nanocomposite coatings.....	14
<i>Berezin L.</i> To the calculation of details for strength, longevity and reliability.....	22
<i>Brailo M.V., Buketov A.V., Yakushchenko S.V., Yatsyuk V.M.</i> The investigation of thermophysical properties of the epoxy-polyether composites modified by methylene diphenyl diisocyanate.....	27
<i>Buketov A.V., Kulinich A.G., Gusev V.M., Smetankin S.A., Yatsyuk V.M.</i> Research of adhesion properties of modified 4-aminobenzoic acid polymer composite materials.....	34
<i>Volkov V., Pavlenko V.</i> The principle of creating a knowledge base for servicing cars with ontologies.....	40
<i>Hansyuk A., Stremetsky O.</i> The study of structural and adsorption characteristics of saponite glines modified by amines.....	46
<i>Gasan Y.G., Tarasevich V.I., Drozdova O.V.</i> Special construction building material based on gypsum modified by ash and sulfur.....	56
<i>Gevko B.M., Lyashuk O.L., Klendy M.I., Marchuk H.M., Kotyk R.M.</i> Technology of construction of devices and risal tools for processing of cutting surfaces.....	62
<i>Gevko B.M., Stoyko I.I., Klendii V.M., Marchuk N.M.</i> Results of experimental study study of squarla mitchic M7-7H.....	67
<i>Gurik O., Marchuk N., Hupka V., Dyna V., Flonts O., Semenov I.I.</i> Technological process of manufacture of internal migratories.....	73
<i>Zaloga V., Dyadyura K., Rybalka I.</i> Features of implementation of integrated management systems.....	77
<i>Zakharova L.M., Nazymko I.V.</i> Augmenting of rate advance as efficient method for dissipative structure control in vicinity of an underground roadway.....	83
<i>Kovalchuk S., Goryk O.</i> Equations of the elasticity theory for composite bars with a plane axle of an arbitrary form in natural curvilinear coordinate system.....	89
<i>Larin O.O., Trubayev O.I., Udayev V.V.</i> Computer analysis of strength of grain elevator columns under various loading options (part №1).....	98
<i>Larin O.O., Trubayev O.I., Udayev V.V.</i> Computer analysis of strength of grain elevator columns under various loading options (part №2).....	107
<i>Leshchenko O.V.</i> Investigation of the influence of a structural-active addition on the properties of epoxy composites.....	114
<i>Mazin S.P., Marenko G.M., Strashnyi I.L., Frankov V.M., Skral V.V.</i> Proposals for the design of the water cannon special machine for units for the protection of public order.....	123
<i>Mikulich O.A.</i> Development of the boundary integral equations method for the solving non-stationary problems in Cosserat elasticity.....	128
<i>Moroz I.A., Yanchuk O.M., Kashytskyi V.P.</i> Topological structure of sedimentation surfaces of metal carbonate in water solutions of nonionic surfactant.....	134
<i>Nikolyuk P.K., Komarov V.F., Nikolyuk P.P.</i> Intelligent crossroad.....	139
<i>Palii B.</i> Antropomorphic pneumatic engagement with the possibility of 3D finger motion.....	148
<i>Panasiuk M.</i> Augmented reality as a new innovative direction in optics and servicing of this type of products as a necessary factor for the possibility of its widespread use.....	154
<i>Polishchuk O.</i> The process of energy transferring while shock performance of light industry operations.....	163
<i>Ponomareva N.V., Volkova T.V.</i> Analysis of the modern status of the functioning of border checkpoints in the unified customs space of the country.....	172
<i>Pryhorovska T.O., Voytenko P.I., Vryukalo V.V., Pitulej L.D., Ropyak L.Ya., Prysyzhnyuk P.M., Burda M.Y., Lutsak D.L., Lutsak L.D.</i> PDC drill bit production and technological support for their performance indicators increasing.....	177

<i>Povstyanoy O.Yu., Dorogovtsev A.A.</i> Model studies of powders pouring formation taking into account the properties of the material on the basis of random packaging models (two-dimensional case).....	183
<i>Ratushnyi A., Vasilchenko D., Drofa A.</i> Concept of capillary pump.....	189
<i>Sapronova A.V.</i> Use of dispersive additives to increase the adhesion and physico-mechanical properties of polymer protective coatings.....	196
<i>Stukhlyak D.P.</i> 2,4-diaminotoluene modifier effect on adhesive properties and protective polymer coatings residual stresses.....	203
<i>Tazetdinov V.A.</i> Optimization of the process of selection of equipment for table tennis based on the construction of neural networks by the criteria of conformity.....	209
<i>Tarelnyk V.B., Gaponova O.P., Radionov A.V.</i> Increasing the level of environmental safety in using integrated methods of increasing the quality of steel parts.....	214
<i>Toomoshchook V., Ginaylo P., Liskovets S., Guda O.</i> About some evaluations of the immunity module of bigarmonic function in the related approximative theorems.....	221
<i>Trosnikova I.Yu.</i> The basics of formation of structure and properties the reinforced composite materials of systems of Mo-Si-B, WC-W ₂ C.....	226
<i>Khaled G.B.</i> Quantum-chemical investigation of the energy interaction between rubren and stearic acid molecules and rubren and methyl ether of stearic acid.....	230
<i>Tsidylo K.I., Karpyk R.T., Vytvytskyi V.S., Saparov O.A.</i> Stress-strain state simulation of an axial cutting tool by the finite element method.....	235

УДК 621.865.8

Б.М. Палій*студент магістратури професійного спрямування кафедри технічної кібернетики НТУУ "КПІ"***АНТРОПОМОРФНИЙ ПНЕВМАТИЧНИЙ ЗАХВАТ З МОЖЛИВІСТЮ 3D РУХУ ПАЛЬЦІВ**

Об'єктом дослідження є захвати промислових роботів, а саме антропоморфні, або людиноподібні, зокрема модульні механічні антропоморфні захвати, котрим було приділено основну увагу. У статті зроблено огляд можливої конфігурації (кількості та розташування пальців). Метою роботи є структурний синтез та структурно-кінематичний аналіз механізмів пневматичного антропоморфного захвату. Для досягнення мети пропонується використання класичних відомих методів, розповсюджених в теорії механізмів, але адаптованих відповідно до поставлених задач.

Ключові слова: антропоморфних захватний пристрій, модульний захватний пристрій, структурний аналіз, кінематичний аналіз, функціональне моделювання, віртуальне моделювання.

Форм. 19, Рис. 5, Літ. 5

Б.Н. Палій*студент магістратури професійної направленості кафедри технічної кібернетики**НТУУ "КПІ"***АНТРОПОМОРФНИЙ ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ ЗАХВАТ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ 3D ДВИЖЕНИЯ ПАЛЬЦЕВ**

Объектом исследования являются захваты промышленных роботов, а именно антропоморфные, или человекообразные, в частности модульные механические антропоморфные захваты, которым было уделено основное внимание. В статье сделан обзор возможной конфигурации (количества и расположения пальцев). Целью работы является структурный синтез и структурно-кинематический анализ механизмов пневматического антропоморфного захвата. Для достижения цели предлагается использование классических известных методов, распространенных в теории механизмов, но адаптированных соответствии с поставленными задачами.

Ключевые слова: антропоморфное захватное устройство, модульное захватное устройство, структурный анализ, кинематический анализ, функциональное моделирование, виртуальное моделирование.

Форм. 19, Рис. 5, Лит. 5

B. Palii*student for professional-directed master degree, Department of Technical Cybernetics NTUU "KPI"***ANTROPOMORPHIC PNEUMATIC ENGAGEMENT WITH THE POSSIBILITY OF 3D FINGER MOTION**

The object of the study are grips of industrial robots, namely anthropomorphic or humanoid, in particular modular mechanical anthropomorphic grips, which have been in the focus of attention. The article gives an overview of the possible configuration (number and location of fingers). The aim of the work is structural synthesis and structural and kinematic analysis of the mechanisms of pneumatic anthropomorphic grip. To achieve the goal, it is proposed to use the classical known methods, which are common in the theory of mechanisms, but are adapted in accordance with the tasks set.

Key words: anthropomorphic gripping device, module gripping device, structural analysis, kinematic analysis, functional modeling, virtual modeling.

Form. 19, Pic. 5, Lit. 5

Вступ

В області робототехніки останнє десятиліття відзначено стійким зростанням інтересу до створення людиноподібних (антропоморфних) роботів. Інтерес цей пов'язаний перш за все з тенденцією створення безлюдних технологій з елементами штучного інтелекту як в цивільній, так і промисловій областях, а також персонального робота – партнера людини. Найбільших успіхів у цьому напрямку досягли фірми Японії. Їх багаторічна цілеспрямована робота дозволила створити ряд зразків роботів з вражаючими характеристиками і можливостями.

Аналіз досліджень і публікацій

Системи захвату такого штучного інтелекту – це складні мехатронні системи, використовувані роботами, особливо промисловими, в цілях фіксації різних частин об'єктів, подальшого їх просторового закріплення і перенесення їх від початкової координатної точки до кінцевої, шляхом роботизованої дії або технологічного процесу. Згідно типу стискального зусилля, системи захвату можна класифікувати як системи механічні, вакуумні та магнітні [5].

Механічні системи захвату також відомі як двосторонні системи, тому що захват виконується з використанням принаймні двох протилежних зусиль, що надаються на стискаєму частину об'єкта.

© Б.М. Палій

Рисунок К.6 –фрагмент статті

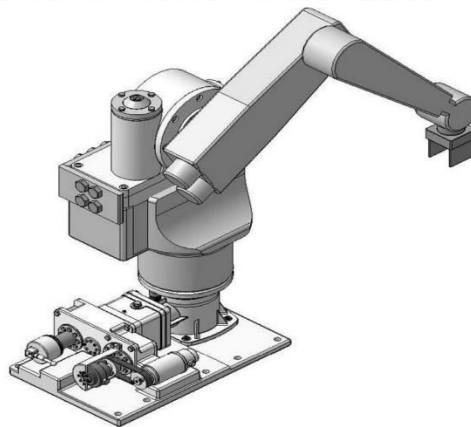


Рис. 1. – Схема промислового робота з антропоморфною механічною системою захвату [1]

У даних систем головним компонентом виступає механічна структура, яка забезпечує безпосередній контакт елементів від частини до частини і збільшує в разі необхідності зусилля захвату, яке необхідно для забезпечення стабільного контакту.

Згідно конструктивним особливостям механічні системи можна градуювати по основним типам механічних пристосувань для захвату: щелепи, пальці (антропоморфні) або щупальці.

В наш час, для промислових роботів використовуються в основному механічні захватні системи з щелепами, однак антропоморфні системи стають все більш популярними: перші – для простої механічної обробки фасонних частин, а другі – для мікро-обробки складних фасонних частин.

Наприклад, у механізмах протезів найчастіше використовуються кінематичні елементи з чотирма ступенями свободи. Вони знайшли своє втілення, в першу чергу, в конструкції пальців. Для іншої частини механізму, в доповнення до згаданих елементів – загальної кінематичної передачі (шестерні, кулачки), зазвичай використовуються механічні коробки передач.

Особливості оптимізації елементів та сполук, що використовуються в захватному промислового роботі, при зчепленні антропоморфних механізмів, впливають із їх структурних особливостей і конструкції – числа пальців, а, так само, кількості і відносного розташування фаланг – фаланг може бути і більше трьох, однак вони повинні бути дуже гнучкими, пружними, з подібними або навіть ідентичними формами фалангам пальців людини. Отримані результати часто використовуються для оптимізації дизайну.

При деталюванні антропоморфних пристроїв прийняття різних структурних форм не обмежене.

Розмір моделі руки передбачена, як для механізмів протезів. Фаланги пальців можуть взагалі мати однаковий розмір або форму, пропорційні розміру або формі пальців рук. Розташування пальців може бути подібно людській руці; пальці можуть бути розміщені в одній площині або в різних площинах. Відносне положення, в залежності від кількості пальців (але не менше двох), необхідно вибирати так, щоб їх просторове охоплення було максимальним. Кілька можливих версій відносного позиціонування пальців представлено на рисунку 2, з якого видно можливі варіанти 3D компонування.

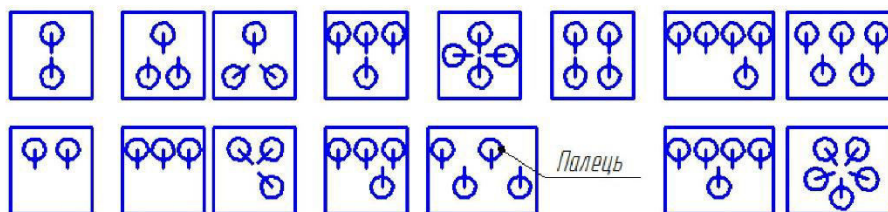


Рис. 2 – Можливі положення пальців [3]

$$M = \sum M_k - \sum f_c \quad (3)$$

де M_k – ступінь рухливості для моно-контурного механізму;
 f_c – ступінь рухливості загальної пари

$$\sum f_c = f_D + f_E = 1 + 1 = 2 \quad (4)$$

Тому

$$\begin{aligned} M &= M_1 + M_2 + M_3 \\ \sum f_c &= 1 + 1 + 1 - 2 = 1 \end{aligned} \quad (5)$$

$M=1$ являє собою незалежний рух (незалежна швидкість)

$$v_1 = \dot{\varphi} \quad (6)$$

і функцію, яка передає зовнішню силу

$$F_m = F_m(M_7) \quad (7)$$

$L - M = 1$ означає функцію, яка передає зовнішній рух і незалежне вимірювання моменту M_7 (генерує стискаючи зусилля).

Вирішення задачі

При кінематичному синтезі приймаємо усередненні лінійні і кутові розміри, необхідні для правильного висновку стискаючих зусиль механізму, при відносному руху пальців [4].

Кінематичний аналіз виконується з використанням методу замкнутого векторного контуру, застосований послідовно до контура вектора відповідного моно-контуру механізмів представлений на рисунку 5.

Для контура ABCD (рисунок 5, а), векторне рівняння

$$AB + BC + CD + DA = 0 \quad (8)$$

в матричній формі та скалярній формі векторів

$$\begin{aligned} AB &= l_1 \begin{vmatrix} \cos 0 \\ \sin 0 \\ 0 \end{vmatrix} \\ BC &= l_2 \begin{vmatrix} \cos \varphi_2 \\ \sin \varphi_2 \\ 0 \end{vmatrix} \\ CD &= l_2 \begin{vmatrix} \cos \varphi_{31} \\ \sin \varphi_{31} \\ 0 \end{vmatrix} \\ DA &= l_2 \begin{vmatrix} \cos \varphi_{01} \\ \sin \varphi_{01} \\ 0 \end{vmatrix} \end{aligned} \quad (9)$$

Крім того, відповідні системи скалярної системи

$$\begin{cases} l_1 \cdot \cos 0 + l_2 \cdot \cos \varphi_2 + l_{31} \cdot \cos \varphi_{31} + l_{01} \cdot \cos \varphi_{01} = 0 \\ l_1 \cdot \sin 0 + l_2 \cdot \sin \varphi_2 + l_{31} \cdot \sin \varphi_{31} + l_{01} \cdot \sin \varphi_{01} = 0 \end{cases} \quad (10)$$

Ця система зводиться до функції положення

$$\varphi_{31} = \varphi_{31}(\varphi_1) \quad (11)$$

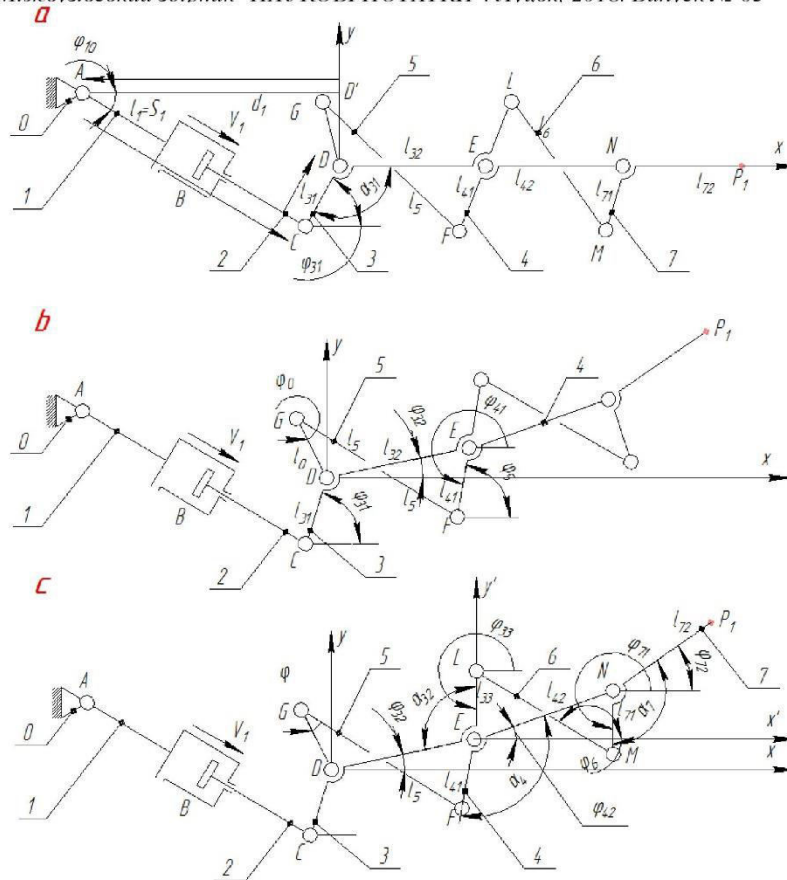


Рис. 5. – Кінематична схема і векторні контури

Згідно рисунка 5, б, рівняння, яке описує замикання векторного контуру для механізму DEFG

$$\overline{DE} + \overline{EF} + \overline{FG} + \overline{GD} = 0 \tag{12}$$

Це призводить до функції, яка передає позиції

$$\varphi_{41} = \varphi_{41}(\varphi_{31}, s_1) \tag{13}$$

В матричній формі скалярна форма векторів

$$\begin{aligned} DE &= l_{32} \begin{vmatrix} \cos \varphi_{32} \\ \sin \varphi_{32} \\ 0 \end{vmatrix} \\ EF &= l_{41} \begin{vmatrix} \cos \varphi_{41} \\ \sin \varphi_{41} \\ 0 \end{vmatrix} \\ FG &= l_5 \begin{vmatrix} \cos \varphi_5 \\ \sin \varphi_5 \\ 0 \end{vmatrix} \\ GD &= l_0 \begin{vmatrix} \cos \varphi_0 \\ \sin \varphi_0 \\ 0 \end{vmatrix} \end{aligned} \tag{14}$$

© Б.М. Палій

Крім того, відповідна скалярна система

$$\begin{cases} l_{32} \cdot \cos \varphi_{32} + l_{41} \cdot \cos \varphi_{41} + l_5 \cdot \cos \varphi_5 + l_0 \cdot \cos \varphi_0 = 0 \\ l_{32} \cdot \sin \varphi_{32} + l_{41} \cdot \sin \varphi_{41} + l_5 \cdot \sin \varphi_5 + l_0 \cdot \sin \varphi_0 = 0 \end{cases} \quad (15)$$

Беручи до уваги, що φ_{32} є функцією φ_{31} та s_1 , φ_{41} може бути визначеною.

Згідно рисунка 5, с, рівняння, пов'язане з замиканням векторного контуру механізму ENML

$$\overline{EN} + \overline{NM} + \overline{ML} + \overline{LE} = 0 \quad (16)$$

У матричному вигляді скалярна форма векторів

$$\begin{aligned} EN = l_{42} \begin{vmatrix} \cos \varphi_{42} \\ \sin \varphi_{42} \\ 0 \end{vmatrix} & \quad ML = l_6 \begin{vmatrix} \cos \varphi_6 \\ \sin \varphi_6 \\ 0 \end{vmatrix} \\ LE = l_{33} \begin{vmatrix} \cos \varphi_{33} \\ \sin \varphi_{33} \\ 0 \end{vmatrix} & \quad LE = l_{33} \begin{vmatrix} \cos \varphi_{33} \\ \sin \varphi_{33} \\ 0 \end{vmatrix} \end{aligned} \quad (17)$$

Крім того, відповідна скалярна система

$$\begin{cases} l_{42} \cdot \cos \varphi_{42} + l_{71} \cdot \cos \varphi_{71} + l_6 \cdot \cos \varphi_6 + l_{33} \cdot \cos \varphi_{33} = 0 \\ l_{42} \cdot \sin \varphi_{42} + l_{71} \cdot \sin \varphi_{71} + l_6 \cdot \sin \varphi_6 + l_{33} \cdot \sin \varphi_{33} = 0 \end{cases} \quad (18)$$

Рішення системи приводить до функції, пов'язаної з перенесенням позицій для елемента 7

$$\varphi_{71} = \varphi_{71}(s_1) \quad (19)$$

Висновки

У відповідності з ідеями, описаними в цій статті, основний висновок звучить наступним чином:

1. Антропоморфні системи захвату (з пальцями) використовуються більше і частіше для промислових робіт.
2. Існує один основний тип антропоморфних механічних захоплень (з пальцями) відповідно до їх конструктивних елементів.
3. Існуючі типи антропоморфних механічних захоплень можна розділити на дві групи: традиційні механічні антропоморфні захвати і модульні механічні антропоморфні захвати.
4. Керування промисловим антропоморфним пневматичним захватом можна здійснювати на підставі синтезу та структурно-кінематичного аналізу механізмів захвату, що можуть бути виконані відомими класичними методами, доволі популярними в теорії механізмів, але адаптованими, відповідно поставленим завданням.

Література

1. Bolboe, M. 2013. Theoretical and experimental researches regarding the anthro-pomorphic gripping systems with a reduced number of fingers, designed for robots. Tran-silvania University of Brasov.
2. Doroftei, I. 2005. Robotics, I-II .Iasi: CERMI (Technique, Scientific and Didactic Publishing House).
3. Itu, A. 2010. Contributions to Gripping Strategies in Real and Virtual Environment using a Three-Fingered Anthropomorphic Gripper. Transilvania University of Brasov.
4. Salisbury, J.K., & Roth, B. 1983. Kinematic and force analysis of articulated mechanical hands. ASME Journal of Mechanisms, Transmissions and Automation in Design, p.105.
5. Staretu, I. 2011. Gripping Systems. Tewksbury, Massachusetts: Derc Publishing House.

Стаття надійшла до редакції 23.05.2018

ДОДАТОК Л

**Стаття «УПРАВЛІННЯ ПНЕВМАТИЧНИМ
ПРОМИСЛОВИМ ЗАХВАТОМ» -
«КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ:
ОСВІТА, НАУКА, ВИРОБНИЦТВО» №32**

ДОДАТОК Л

СТАТТЯ «УПРАВЛІННЯ ПНЕВМАТИЧНИМ ПРОМИСЛОВИМ ЗАХВАТОМ» -
«КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ: ОСВІТА, НАУКА,
ВИРОБНИЦТВО» №32

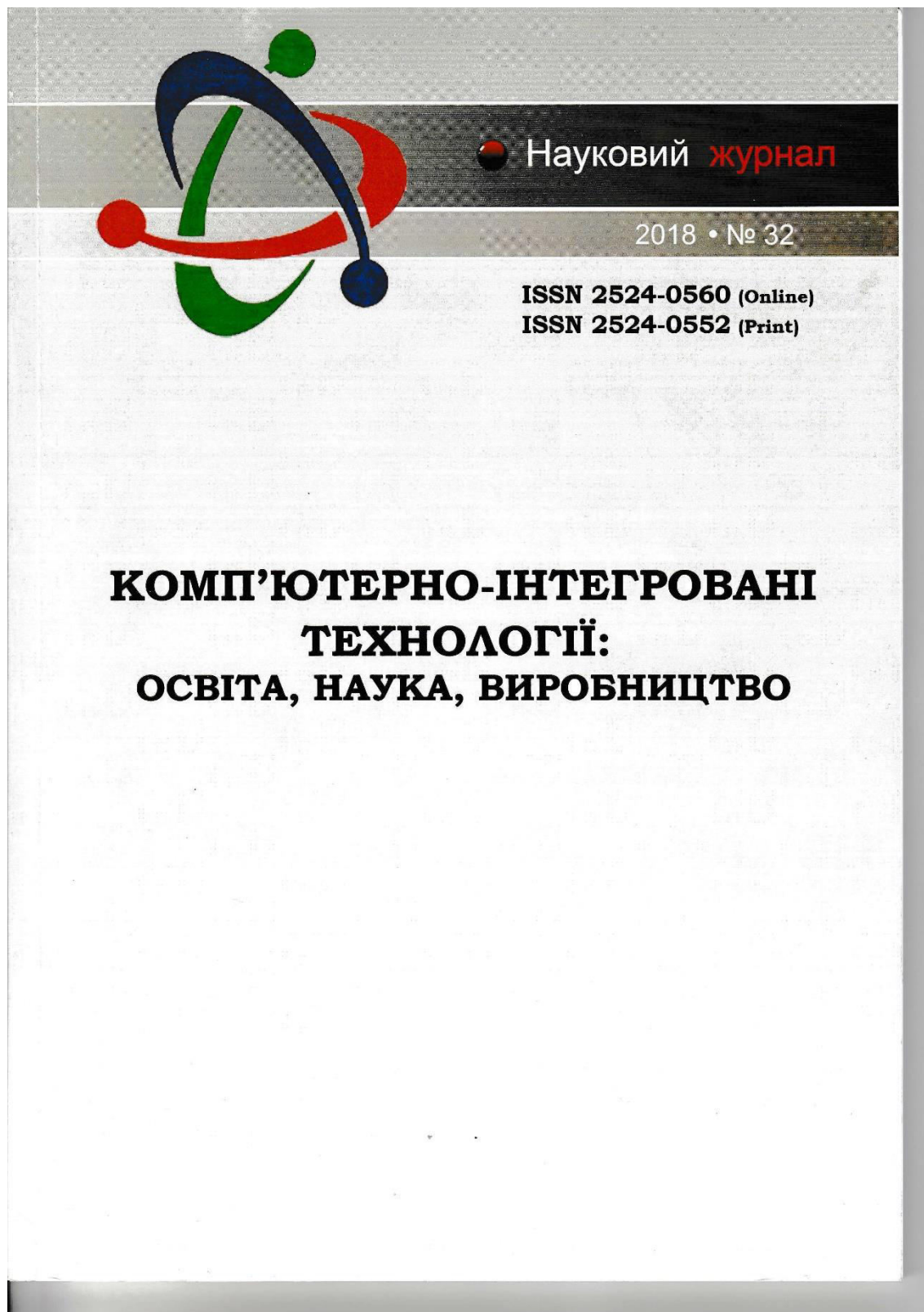


Рисунок Л.1 –фрагмент статті

**КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ
ТЕХНОЛОГІЇ:
ОСВІТА, НАУКА, ВИРОБНИЦТВО**

№32 2018р.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Головний редактор:
проф., д.т.н. Рудь В.Д. (м.Луцьк)

Заступники головного редактора:
доц., к.т.н. Мельник К.В. (м.Луцьк)
доц., к.т.н. Герасимчук О.О. (м.Луцьк)

Відповідальний секретар:
мол.наук.співробітник Свиридюк К.А. (м.Луцьк)

Члени редакційної колегії:
проф., PhD. Milosz Marek (Польща, м.Люблін)
проф., PhD. Alison McMillan (Великобританія)
проф., PhD. Дехтяр Ю.Д. (Литва, м.Рига)
проф., д.т.н. Мазур М.П. (м.Хмельницьк)
проф., д.т.н. Мельник А.О. (м.Київ)
проф., д.т.н. Сидорчук О.В. (м.Київ)
проф., д.т.н. Тарасенко В.П. (м.Київ)
проф., д.ф-м.н. Пастернак Я.М. (м.Луцьк)
проф., д.т.н. Андрущак І.Є. (м.Луцьк)
проф., д.т.н. Делявський М.В. (м.Луцьк)
проф., д.е.н. Рудь Н.Т. (м.Луцьк)
проф., д.т.н. Пальчевський Б.О. (м.Луцьк)
доц., к.т.н. Драган О.В. (м.Брест, Білорусія)
доц., к.т.н. Лотиш В.В. (м.Луцьк)
доц., к.т.н. Гуменюк Л.О. (м.Луцьк)
доц., к.т.н. Пех П.А. (м.Луцьк)
доц., к.т.н. Самчук Л.М. (м.Луцьк)
доц., к.пед.н. Потапюк Л.М. (м.Луцьк)
доц., к.т.н. Решетило О.М. (м.Луцьк)
доц., к.т.н. Повстяной О.Ю. (м.Луцьк)

Адреса редколегії:
Луцький національний технічний університет,
кафедра комп'ютерної інженерії,
вул.Львівська 75, ауд.141
м.Луцьк, 43018
тел. (0332) 74-61-15
E-mail: cit@lntu.edu.ua,
сайт журналу: ki.lutsk-ntu.com.ua

Журнал засновано у грудні 2010 р.
Свідоцтво про реєстрацію КВ № 16705–5277 Р.
Засновник: Луцький національний технічний університет
**Рекомендовано до друку Вченою радою
Луцького національного технічного університету
(протокол №11 засідання від 22.06.2018)
Журнал рішенням МОН України
наказом №515 від 16.05.2016р,
включено в перелік наукових фахових видань.
Журнал має російський індекс наукового цитування
(РІНЦ)
Індексується в міжнародних базах даних:
**Universal Impact Factor,
Open Academic Journals Index.****

**ISSN 2524-0560 (Online)
ISSN 2524-0552 (Print)**

ЗМІСТ

АВТОМАТИКА ТА УПРАВЛІННЯ	
Андрушак І.Є., Матвійв Ю.Я., Кошелюк В.А., Ліщина Н.М., Марценюк В.П. Технології кластерного аналізу як особливість сучасного етапу інтелектуалізації суспільства. [I.Ye.Andrushchak, Yu.Ya. Mathew, V.A. Koshelyuk, O.M. Sivakovskaya, N.M.Lishchyna, V.P. Martsenyuk. Technologies of cluster analysis as a feature of the modern stage of intellectualization of society.]	5
Головін М.Б., Головіна Н.А. Специфіка навчальних дій, що містять комп'ютерне моделювання фізичних процесів.	10
Грінченко Л.Г. Найкращі рівномірні наближення неперервних функцій узагальненими багаточленами.	19
Грінченко Л.Г. Про числовий розрахунок згинних моментів в перерізах плити, жорстко закріпленої на контурі.	24
Губаль Г. М. Побудова та дослідження системи диференціальних рівнянь, яка описує автоколивання у гліколізі. [Hubal H. M. Construction and study of the system of differential equations that describes self-oscillations in glycolysis.]	30
Дяк М.С., Круліковський Б.Б. Мінімізація 5-розрядних булевих функцій методом Різника-Соломка.	36
Зуєв Д. О., Карпачова А. В., Усов Д.М., Горшунів Р. Застосування методу оцінки «гарячої точки» для моніторингу мереж центрів обробки даних. [Zuev Denis Olegovich, Kropachev Artemii Vasilyevich, Usov Aleksey Yevgenyevich, Roman Gorshunov. Application of the hot-spot evaluation method for monitoring of data center network.]	47
Каганюк О.К., Поліщук М.М., Самарчук В.Ф., Гринюк С.В. Конструктивні особливості вугільно видобувних машин та комплексів і їх класифікація як об'єктів автоматичного управління в площині вугільного пласта. [Каганюк А.К., Поліщук Н.Н., Самарчук В.Ф. Гринюк С.В. Конструктивные особенности угледобывающих машин и комплексов и их классификация как объектов автоматического управления в профиле пласта.]	53
Матіко Ф.Д., Роман В.І., Дмитришин А.І. Удосконалення математичної моделі ультразвукового витратоміра в комплекті з пристроєм підготовки потоку.	65
Палій Б. М. Управління пневматичним промисловим захватом.	70
Поплавська Г.В. Формування критичного мислення молодших школярів на уроках інформатики	76
Тазетдінов В. А. Автоматизація процесу підбору інвентаря для настільного тенісу з використанням нейромережевих систем.	81
ІНФОРМАТИКА ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА	
Булатецький В.В., Булатецька Л.В., Пруц Г.С. Методи та засоби вивільнення простору системного розділу ОС Microsoft Windows 10.	85
Губаль Г. М. Математичні тексти та рисунки в системі L ^A T _E X.	90
Здолбіцька Н.В., Каленіков В.С., Шкабура В.І. Мобільні технології на ноутбуках.	95
Клехо О.В. Особливості формування фахової компетентності майбутніх вчителів інформатики у початковій школі в умовах компетентнісного підходу.	100
Рубець А.В. Побудова комплексної моделі нейромережевого аналізу великих обсягів даних у режимі реального часу.	105

УДК 621.865.8

Палій Б. М. бакалавр, студент магістратури
НТУУ "КПІ"

УПРАВЛІННЯ ПНЕВМАТИЧНИМ ПРОМИСЛОВИМ ЗАХВАТОМ

Палій Б. М. Управління пневматичним промисловим захватом. Було розглянуто такі основні питання, як методи розрахунку кінематики маніпуляторів промислових роботів; розв'язання прямої задачі кінематики; розв'язання оберненої задачі кінематики на прикладі розрахунку кінематики маніпулятора промислових роботів.

Ключові слова: маніпулятор, промисловий робот, кінематика, кінематична схема.

Палій Б. Н. Управление пневматическим промышленным захватом. Были рассмотрены следующие основные вопросы, как методы расчета кинематики манипуляторов промышленных роботов; решения прямой задачи кинематики; решения обратной задачи кинематики на примере расчета кинематики манипулятора промышленных роботов.

Ключевые слова: манипулятор, промышленный робот, кинематика, кинематическая схема.

Pali Bohdan. Industrial suction gripper control. The following main issues were considered: methods for calculating kinematics of industrial robot manipulators; solving the direct problem of kinematics; solving the inverse problem of kinematics on the example of calculating the kinematics of the manipulator of industrial robots.

Key words: manipulator, industrial robot, kinematics, kinematic scheme.

Постановка наукової проблеми. Промислові роботи з пневмоприводом зазвичай мають невелику (до 20–30 кг) вантажопідйомність, високу швидкість руху виконавчих ланок (до 10 м/с), і можуть експлуатуватися в тяжких умовах навколишнього середовища. При автоматизації нескладних технологічних процесів застосовують роботи з 1-3 ступенями рухомості, при перепрограмованих технологічних процесах – з 5-6 ступенями рухомості. Областю застосування позиційних пневмороботів є холодне листове штампування, механообробка, лиття під тиском і низка інших виробництв, пов'язаних із завантаженням/розвантаженням різного технологічного устаткування та виконанням елементарних складальних операцій. До недоліків промислових роботів з позиційним пневмоприводом можна віднести необхідність застосування при організації робототехнічних комплексів конструктивно складних і трудомістких у виготовленні пристроїв подачі, які повинні забезпечувати орієнтовану подачу заготовок або напівфабрикатів для їх захоплення роботом.

Маніпулятор – це складний просторовий керований механізм з декількома ступенями рухомості (з погляду теоретичної механіки і теорії механізмів), який утримує тверді і пружні ланки, передачу і привід. Він являє собою єдину динамічну систему. Маніпулятором промислового робота називається технічний пристрій, який призначений для відтворення деяких робочих функцій рук людини. Здатність відтворювати рухи, подібні до рухів рук людини, досягається доданням маніпулятору декількох ступенів рухомості, за рахунок яких здійснюється керований рух з метою одержання заданого руху робочого органа – захоплювача. Системи захвату такого штучного інтелекту – це складні мехатронні системи, використовувані роботами, особливо промисловими, в цілях фіксації різних частин об'єктів, подальшого їх просторового закріплення і перенесення їх від початкової координатної точки до кінцевої, шляхом роботизованої дії або технологічного процесу. Згідно типу стискального зусилля, системи захвату можна класифікувати як системи механічні, вакуумні та магнітні [1].

Аналіз досліджень. Специфіка промислового роботу полягає в тому, що до них ставляться високі вимоги відносно точності і швидкодії при реалізації програмних рухів. Це вимагає використання засобів та методів теоретичної механіки, теорії механізмів, теорії автоматичного керування, теорії пружності і коливаль, теорії приводу.

Для опису кінематики і динаміки промислових роботів використовуються різні методи [2; 3; 5]. Найбільш поширені графічний, векторний і метод матриць. Метод матриць переважає, тому що він більшою мірою орієнтований на застосування ЕОМ. Метод матриць можна використовувати для розрахунку будь-якого маніпулятора з поступальними й обертальними кінематичними парами. Універсальність методу обумовлюється ціною деякої надмірності обчислень. Цей метод

удосконалювався паралельно з розвитком обчислювальної техніки і більше пристосований до розрахунків на ЕОМ, ніж до розрахунків вручну [6].

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів. Розглянемо приклад розрахунку кінематики промислового робота. Отже, за заданою кінематичною схемою маніпулятора і заданим положенням вихідної ланки розрахуємо змінні параметри маніпулятора, тобто вирішимо обернену задачу кінематики з використанням метода матриць. Перевірку виконаємо графічним методом.

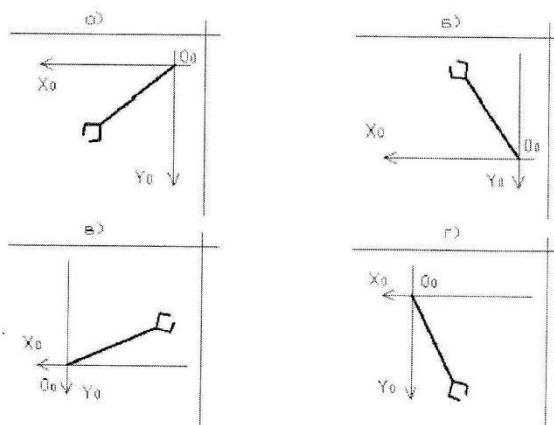


Рис. 1. Вигляд маніпулятора зверху у першій (а), другій (б), третій (в) і четвертій (г) чвертях системи координат

Положення вихідної ланки (захоплювача):

$$X = 250; Y = -140; Z = 180 \quad (1)$$

Кінематична схема маніпулятора має чотири кінематичні пари: три поступального типу та одну обертальну. Кут між осями першої і другої кінематичних пар і третьої та четвертої дорівнює 0 град, між другою і третьою – 90 град. Умовно це можна записати, як $\uparrow O P \uparrow \uparrow$, де: \uparrow – кінематична пара поступального типу; O – кінематична пара обертального типу; P – кут 90 град.

Відповідно до завдання умовна кінематична схема маніпулятора буде мати вигляд, як показано на рис. 2.

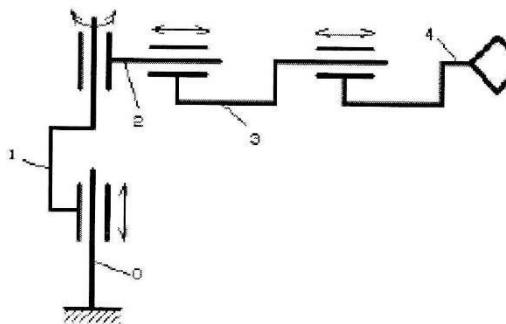


Рис. 2. Умовна кінематична схема маніпулятора

Намалюємо конструктивну кінематичну схему маніпулятора в аксонометрії (рис. 3).

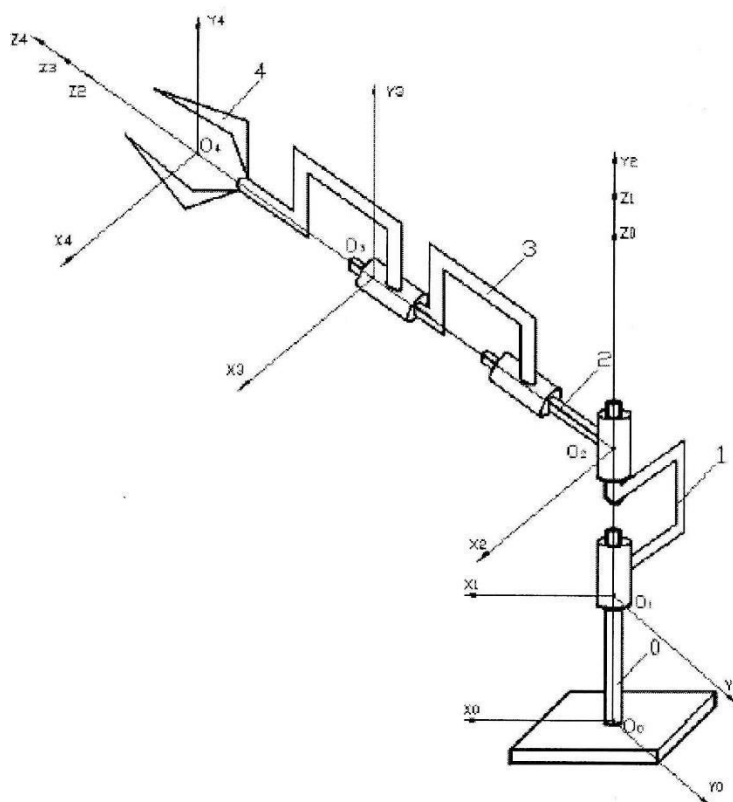


Рис. 3. Конструктивна схема маніпулятора

Пронумеруємо всі ланки маніпулятора від стояка (ланка 0) до захоплювача (ланка 4) і зв'яжемо з кожною із них свою систему декартових координат. Вісь Z_0 вибираємо по осі поступальної пари (0, 1), уздовж якої ланка 1 переміщується відносно ланки 0; вісь Z_1 – по осі обертальної пари (1, 2); вісь Z_2 – по осі поступальної пари (2, 3); вісь Z_3 – по осі поступальної пари (3, 4); вісь Z_4 – по осі віртуальної пари (4, 5) паралельно осі Z_3 (рис. 3). Напрямок осей X, Y, Z і положення початків координат показані на конструктивній схемі (рис. 3). Визначимо параметри маніпулятора, а результати занесемо в табл. 1.

Таблиця 1 – Параметри маніпулятора

№ кінематичної пари	Тип пари	Ланка а і-ї пари	Значення параметрів маніпулятора			
			Θ	S	d	α
1	Поступальна	0,1	0	S_1	0	0
2	Обертальна	1,2	Θ_2	S_2	0	$\pi/2$
3	Поступальна	2,3	2	S_3	0	0
4	Поступальна	3,4	0	S_4	0	0

© Палій Б. М.

Для розв'язання прямої задачі кінематики необхідно скласти матриці A_i . Ці матриці визначимо з розширеної матриці A , що зв'язує системи $i-1$ і та i -ту. У нашому випадку це матриці A_1 , A_3 і A_4 – матриці перенесення, а A_2 – матриця повороту.

Зробимо розрахунок розширених матриць переходу для заданої кінематичної системи маніпулятора згідно з параметрами табл. 1:

$$A_1 = \begin{bmatrix} \cos 0 & -\sin 0 \cos 0 & \sin 0 \sin 0 & 0 \cdot \cos 0 \\ \sin 0 & \cos 0 \cos 0 & -\cos 0 \sin 0 & 0 \cdot \cos 0 \\ 0 & \sin 0 & \cos 0 & S_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & S_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$A_2 = \begin{bmatrix} \cos \Theta_2 & -\sin \Theta_2 \cos \frac{\pi}{2} & \sin \Theta_2 \sin \frac{\pi}{2} & 0 \cdot \cos \Theta_2 \\ \sin \Theta_2 & \cos \Theta_2 \cos \frac{\pi}{2} & -\cos \Theta_2 \sin \frac{\pi}{2} & 0 \cdot \sin \Theta_2 \\ 0 & \sin \frac{\pi}{2} & \cos \frac{\pi}{2} & S_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \Theta_2 & 0 & \sin \Theta_2 & 0 \\ \sin \Theta_2 & 0 & -\cos \Theta_2 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & S_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$A_3 = \begin{bmatrix} \cos 0 & -\sin 0 \cos 0 & \sin 0 \sin 0 & 0 \cdot \cos 0 \\ \sin 0 & \cos 0 \cos 0 & -\cos 0 \sin 0 & 0 \cdot \cos 0 \\ 0 & \sin 0 & \cos 0 & S_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & S_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$A_4 = \begin{bmatrix} \cos 0 & -\sin 0 \cos 0 & \sin 0 \sin 0 & 0 \cdot \cos 0 \\ \sin 0 & \cos 0 \cos 0 & -\cos 0 \sin 0 & 0 \cdot \cos 0 \\ 0 & \sin 0 & \cos 0 & S_4 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & S_4 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

Тоді знайдемо T_4 :

$$T_4 = A_1 \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot A_4 \quad (6)$$

Розв'язок прямої задачі кінематики зводиться до такого: маючи значення узагальнених координат, визначаються елементи матриці T_4 , що однозначно встановлює положення та орієнтацію захоплювача у системі координат стояка:

$$A_1 A_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & S_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \Theta_2 & 0 & \sin \Theta_2 & 0 \\ \sin \Theta_2 & 0 & -\cos \Theta_2 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & S_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \Theta_2 & 0 & \sin \Theta_2 & 0 \\ \sin \Theta_2 & 0 & -\cos \Theta_2 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & S_1 + S_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$A_1 A_2 A_3 = \begin{bmatrix} \cos \Theta_2 & 0 & \sin \Theta_2 & 0 \\ \sin \Theta_2 & 0 & -\cos \Theta_2 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & S_1 + S_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & S_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \Theta_2 & 0 & \sin \Theta_2 & S_3 \sin \Theta_2 \\ \sin \Theta_2 & 0 & -\cos \Theta_2 & -S_3 \cos \Theta_2 \\ 0 & 1 & 0 & S_1 + S_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

$$A_1 A_2 A_3 A_4 = \begin{bmatrix} \cos \Theta_2 & 0 & \sin \Theta_2 & S_3 \sin \Theta_2 \\ \sin \Theta_2 & 0 & -\cos \Theta_2 & -S_3 \cos \Theta_2 \\ 0 & 1 & 0 & S_1 + S_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & S_4 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} \cos \Theta_2 & 0 & \sin \Theta_2 & (S_3 + S_4) \sin \Theta_2 \\ \sin \Theta_2 & 0 & -\cos \Theta_2 & -(S_3 + S_4) \cos \Theta_2 \\ 0 & 1 & 0 & S_1 + S_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (9)$$

Координати центра захоплювача (ланка 4) у системі, що зв'язана зі стояком (ланка 0) маніпулятора, можна знайти за формулами [4]:

$$\begin{aligned} x_4^0 &= \sin \Theta_2 (S_3 + S_4) \\ y_4^0 &= -\cos \Theta_2 (S_3 + S_4) \\ z_4^0 &= S_1 + S_2 \end{aligned} \quad (10)$$

Розв'яжемо обернену задачу кінематики. Прирівнюючи перші три елементи 4-го стовпця матриці T_4 до заданих величин x_4^0, y_4^0, z_4^0 координат центра захоплювача (250; -140; 180), одержуємо систему трьох рівнянь:

$$\begin{cases} x_4^0 = \sin \Theta_2 (S_3 + S_4) \\ y_4^0 = -\cos \Theta_2 (S_3 + S_4) \\ z_4^0 = S_1 + S_2 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} 250 = \sin \Theta_2 (S_3 + S_4) \\ -140 = -\cos \Theta_2 (S_3 + S_4) \\ 180 = S_1 + S_2 \end{cases} \quad (11)$$

Отже, зміна Θ_2 дорівнює $60^\circ 45'$.

Для підтвердження правильності виконаних розрахунків зробимо перевірку розв'язку графічним методом (рис. 4).

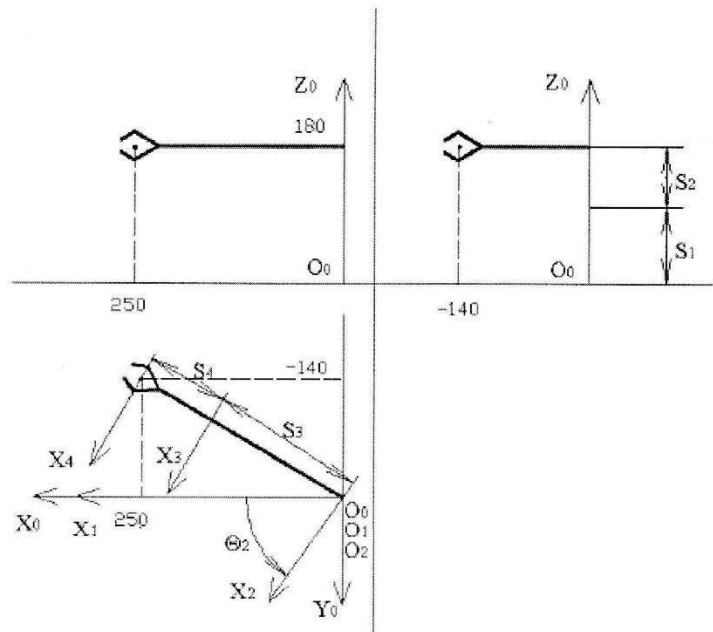


Рис. 4. Перевірка розв'язування графічним методом

Перевірка показує, що значення узагальнених координат S_1 , S_3 , S_4 і Θ_2 на рис. 4 збігається з тими, які знайдені при розрахунку кінематичної схеми маніпулятора методом матриць.

Висновки. Отже, в дослідженні було розглянуто такі основні питання, як методи розрахунку кінематики маніпуляторів промислових роботів; розв'язання прямої задачі кінематики; розв'язання оберненої задачі кінематики на прикладі розрахунку кінематики маніпулятора промислових роботів.

1. Іскович-Лотоцький Р. Д. Транспортно-завантажувальні пристрої: навч. посіб. для студ. бакалавр. напрямку «Інж. механіка» / Р. Д. Іскович-Лотоцький. – Вінниця: ВДТУ, 2000. – 88 с.
2. Механіка промислових роботів. В 3 кн. / Под ред. К. В. Фролова, Е. І. Вороб'єва. Кн. 1. Кінематика і динаміка / Е. І. Вороб'єв, С. А. Попов, Г. І. Шевелева. – М.: Высш. шк., 1988. – 304 с.
3. Харченко А. О. Станки с ЧПУ и оборудование гибких производственных систем: учебное пособие / А. О. Харченко – К.: ИД «Профессионал», 2004. – 304 с.
4. Цвіркун Л. І. Робототехніка та мехатроніка: навч. посіб. / Л. І. Цвіркун, Г. Грулер; під заг. ред. Л. І. Цвіркуна. – 3-тє вид., переробл. і доповн. – Дніпро: НГУ, 2017. – 224 с.
5. Шахинпур М. Курс робототехники / М. Шахинпур. – М.: Мир, 1990. – 527 с.
6. Шимшарев В. Ю. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: учебник / В. Ю. Шимшарев. – М.: Академия, 2007. – 368 с.