


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ


Інститут (факультет) _____ ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого _____
Кафедра _____ мехатроніки та пакувальної техніки _____

«До захисту в ЕК»

Директор інституту(декан факультету)
 Сергій БЛАЖЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

« 14 » 02 2023р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри
 Людмила КРИВОПЛЯС-ВОЛОДИНА
(підпис) (ім'я та прізвище)

« 14 » 02 2023р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

зі спеціальності

131 Прикладна механіка
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми

Прикладна механіка

на тему: Дослідження процесу та модернізація функціонального модуля робота-
маніпулятора пакувальної машини

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ПМ-2-1М

Козік Денис Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)


(підпис)

Керівник КРИВОПЛЯС-ВОЛОДИНА Людмила Олександрівна
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)


(підпис)

Консультанти _____

(ім'я та прізвище)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

Рецензент _____

(ім'я та прізвище)

(підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____


(підпис)

Київ - 2023р.

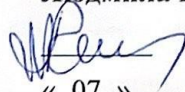
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого
Кафедра мехатроніки та пакувальної техніки
Освітній ступінь магістр
Спеціальність 131 Прикладна механіка
(код і назва)
Освітньо-професійна програма Прикладна механіка
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МПТ

Людмила КРИВОПЛЯС-ВОЛОДИНА



«_07_» _____ 11 _____ 2022 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Козік Денис Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження процесу та модернізація функціонального модуля робота-маніпулятора пакувальної машини

керівник роботи КРИВОПЛЯС-ВОЛОДИНА Людмила Олександрівна
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «_07_»_11__ 2022 року № 794-кв _____

2. Строк подання здобувачем роботи **24.01.2023 р.**

3. Вихідні дані до роботи Робот маніпулятор з трьома степенями вільності. Система ПЛК. Матеріал переміщення циліндричної форми

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____
Реферат Вступ. Розділ 1. Розділ 2. Розділ 3. Розділ 4. Розділ 5. Висновки. Список використаної літератури

5. Перелік графічного матеріалу

Презентація на 15 аркушах

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання _____ 07.11.2022 р _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Вступ.	08.11.2022	
	Анотація.	10.11.2022	
	Розділ 1.	15.11.2022	
	Розділ 2.	28.11.2022	
	Розділ 3.	09.12.2022	
	Розділ 4.	20.12.2022	
	Розділ 5.	10.01.2023	
	Висновки.	22.11.2022	
	Список використаної літератури.	23.11.2022	

Здобувач освіти _____


(підпис)

_____ Козік Денис
(ім'я та прізвище)

Керівник роботи _____


(підпис)

_____ Людмила КРИВОПЛЯС-ВОЛОДИНА
(ім'я та прізвище)

«14» 02 2023 р.

Реферат

Модернізація функціонального модуля і дослідження процесу робота-маніпулятора пакувального обладнання

В харчовій та галузях пакувальництва широко використовуються мехатронні і робототехнічні модулі, зокрема для різних технологічних завдань. Умовами з метою вибору таких систем є можливість переналагоджування щодо різних об'єктів обробки, енергоощадність, компактність – це дозволяє реалізувати алгоритми різні і виконати умови технологічних процесів оброблення продуктів харчування, наприклад, пакування їх.

Мета дослідження: розробити підхід формалізований щодо кінематичного і динамічного аналізу для маніпулятора у середовищі Mathcad. Тому, досягти поставленої мети вимагає рішення таких завдань:

- Складання матриці перетворення для координат за методом Денавіта –Хартенберга;
- Опрацювання переміщення для ланки вихідної маніпулятора у вигляді послідовності рухів кожної з узагальнених координат робота маніпулятора;
- Побудова залежності математичної пошуку лінійної швидкості і прискорення робота задля вихідної ланки маніпулятора у системі для координат .

Стандартна методика для кінематичного і динамічного аналізів маніпулятора наведена з таких етапів: розроблення математичної моделі маніпулятора; складання забезпечення програмного забезпечення; розроблення руху математичного моделювання маніпулятора; постановка умов початкових; здійснення аналізу і обробка отриманих результатів задля обґрунтування вибору щодо кінцевої робочої або модуля. Поставлено завдання щодо вирішення задач для динамічного і кінематичного аналізів маніпулятора при використанні стандартного пакета програм. Це забезпечить проектування ефективним робота маніпулятора, за заданою ступеню вільності, з врахуванням пакування харчових продуктів.

Структура та обсяг роботи складає: основні чотири розділи, вступ, узагальнені висновки, список використаної літератури. Обсяг магістерської роботи становить 79 сторінки, та 40 найменувань для літературних джерел.

Ключові слова: функціональний модуль, модернізація, маніпулятор, переміщення, пакування .

Abstract

Research of process and modernization of the functional module of the robot manipulator of the packing machine

In the food and packaging industries, mechatronic and robotic modules are widely used for various technological tasks. The conditions for choosing such systems are the ability to reconfigure for different processing objects, energy efficiency, and compactness, which allows for the implementation of various algorithms and fulfillment of the conditions of food processing processes, such as packaging.

The aim of this study is to develop a formalized approach for the kinematic and dynamic analysis of manipulators in the Mathcad environment. Therefore, to achieve this goal, the following issues need to be addressed:

- Creation of a transformation matrix of coordinates using the Denavit-Hartenberg method;

- Elaboration for the output link of the manipulator in the form of a series of movements in each of the generalized coordinates of the robot;

- Plot Dependencies for Linear Math Search

Speed and acceleration of the robot relative to the output link of the manipulator

Coordinate system. A standard technique for kinematic and dynamic analysis of manipulators is obtained from the following steps. Development of a mathematical model of manipulators. Development of mathematical modeling of manipulator movements, setting initial conditions, compilation of software. Analysis and processing of results to justify the final work or module selection. In this work, the task is set to solve the problem of kinematic and dynamic analysis of manipulators using a standard application package. This allows efficient design of manipulators according to defined degrees of freedom, taking into account the food packaging process.

Structure and scope of the master's thesis: introduction, four main sections, general conclusions, list of references. The total volume of the master's thesis is 101 pages, with 37 titles of bibliographic material.

Key words: packing, functional module, modernization, moving, manipulator.

ЗМІСТ

Вступ	11
РОЗДІЛ 1	12
ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ НА БАЗІ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	12
1.1 Огляд промислових маніпуляторів	12
1.2 Обґрунтування системи керування на базі ПЛК	18
1.3 Маніпуляційні пристрої роотів маніпуляторів. Системи захватів	20
Висновок до розділу 1	26
РОЗДІЛ 2	27
ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБЛЕННЯ РОБОТА МАНІПУЛЯТОРА НА БАЗІ ПНЕВМОПРИВОДА ДЛЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ СИСТЕМ ПАКУВАННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ	27
2.1 Підхід до моделювання робота маніпулятора із приводом пневматичним	27
2.2. Методи та матеріали дослідження задля вирішення завдань кінематичного та динамічного аналізу маніпулятора	30
Висновок до розділу 2	37
РОЗДІЛ 3	38
Синтез робота маніпулятора на основі чисельних методів і інженерних програм	38
3.1. Розрахунки приводів РМ	38
3.2. Математичне моделювання у MathCAD для окремих частин робота маніпулятора	45
3.3. Обґрунтування вибору захвата CGP - 16 пневматичного	51
Висновок до розділу 3	52
РОЗДІЛ 4	53
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПОЗИЦІЮВАННЯ СПОЖИВЧИХ УПАКОВОК	53
4.1 Мета експериментального дослідження	53

4.2 Мета експериментального дослідження.....	53
4.3 Принцип роботи	54
4.4 Обробка даних з експеременту	59
4.5 Послідовність опрацювання даних з експеременту по установці 1.....	59
4.7 послідовність опрацювання даних з експеременту по установці 2	61
Висновок до розділу 4.....	66
РОЗДІЛ 5.....	67
ОХОРОНА ПРАЦІ	67
5.1 Вимоги охорони праці та безпеки під час використання пневматичних інструментів.....	67
5.2. Правила безпечної роботи з роботом маніпулятором на виробництві.....	68
5.3. Приписи спеціалістів служби ОП.....	69
ВИСНОВКИ	72
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	73

Вступ

Мета роботи: Здійснити дослідження компоновки для маніпулятора під час конструювання, використовуючи основні методи імітаційного моделювання та перевірити експериментально конструкційну надійність.

Задачі: Здійснити аналіз порівняння з експериментальних даних та обумовити можливості задля використання цих даних, з метою поліпшення роботи маніпулятора конструкції .

Предмет дослідження: Технічна система - робот маніпулятор з трьома ступенями вільності, керований електропневматичною системою з застосуванням ПЛК (програмованого логічного контролера).

Об'єкт дослідження: компоновка та система керування на базі ранішнього математичного аналізу для маніпуляційного робота.

Наукова новизна роботи:

- 1) базовий принцип та запропонована структура побудови для керуючої системи маніпуляційного робота;
- 2) Розроблена узагальнена модель математична для системи маніпулятора.

Внесок магістранта: Проведено аналіз існуючих патентів і джерел літератури, з метою ознайомлення методів синтезу для робототехнічних модулів, зокрема задля роботів маніпуляторів що мають у вільності три ступені. Проведено експериментальні дослідження для динаміки та кінематики руху РМ.

РОЗДІЛ 1

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ НА БАЗІ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1.1 Огляд промислових маніпуляторів

Більшість у даний час вироблених маніпуляторів відносяться до числа роботів з системою обертальних координат. Вони забезпечують найбільший обсяг робочої зони, у якій рух може здійснюватися. Структура їх дозволяє досягати заданого положення і орієнтації робочого органу, у тому числі при накладенні обмежень на переміщення які можливі, що виникають при наявності перешкод у робочій зоні

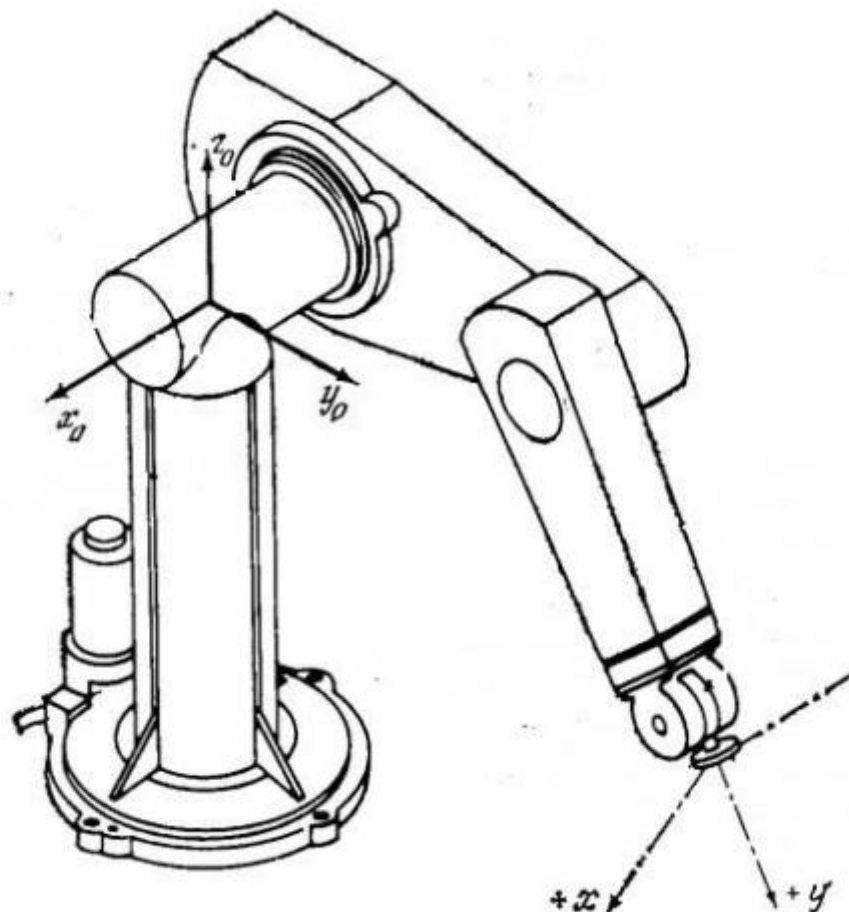


Рис 1.1 – Узагальнена схема робота-маніпулятора

За функціоналом розрізняють на: - роботи маніпулятори, вони використовуються для об'єктів, які треба перемістити, наприклад, в рамках розвантажувальних-навантажувальних робіт, при перевантаженні

генеральних вантажів, для приймання готових виробів з обробного верстата в багатьох виробничих процесах; - фарбувальні роботи, вони використовуються для фарбування деталей. Залежно від складності поверхні, яка має бути оброблена, розрізняють конструкції з різною кількістю ступенів вільності, рухливістю робочого інструмента; - зварювальні роботи, що застосовуються при зварюванні окремих деталей один з одним; - складальні роботи, які використовуються у складальних операціях, в тому числі в точних машинобудівничих процесах, де потрібно високоточне позиціонування заготовок один до одного і особливо уважне ставлення до зусиллю на робочому органі

Також маніпулятори прийнято розрізняти на: - за конструктивним виконанням на стаціонарні та рухливі;

- за кількістю ланок (чим більше їх, тим вище рухливість руки робота і тим важчі рухи та траєкторії він може виконувати);

- за набором виконуючих операцій (можливість заміни керуючої програми і робочого органу);

- за типом системного управління (ручного, збалансованого, автоматизованого та автоматичного)

Виконавчий механізм будь-якого маніпулятора — це багатоланковий просторовий механізм, який має у загальному випадку поступальні, обертальні, циліндричні, сферичні та сферичні з пальцем кінематичні пари[2].

Залежно від поставленої задачі маніпулятор має забезпечувати неоднакове число ступенів свободи захоплювача.

До прикладу, для відтворення просторового руху захоплювача у загальному випадку маніпулятор повинен мати шість ступенів вільності, які можна реалізувати за допомогою семиланкового кінематичного ланцюга з виключно обертовими парами. Якщо ж потрібно відтворити просторову траєкторію лише однієї з точок захвату, то необхідне число ступенів свободи зменшується до трьох, тобто з'являються надлишкові ступені свободи.

Надлишкові ступені свободи дають змогу оптимізувати динамічні, енергетичні, кінематичні і інші критерії якості процесу маніпулювання. Надлишкові (зайві) ступені свободи називають також маневреністю маніпулятора, що є важливою характеристикою маніпулятора.

При збільшенні кількості ступенів маневреності маніпулятора збільшує його можливості під час виконання складних рухів: зменшує мертві зони, розширює варіантність вибору траєкторій рухів у стиснених умовах, збільшує робочий простір

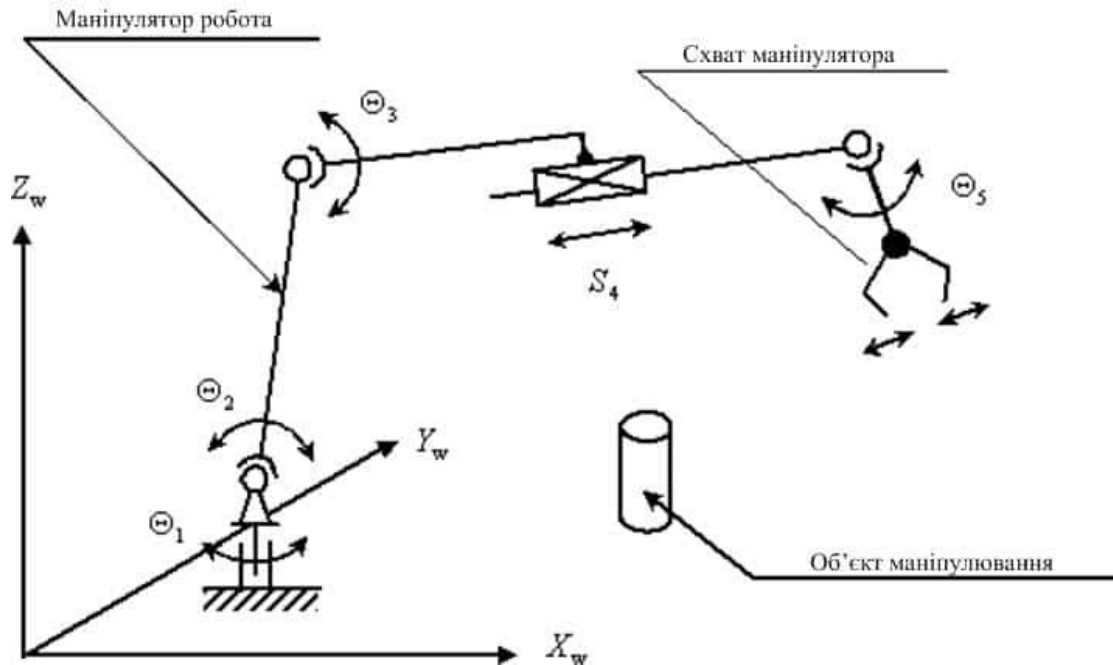


Рис 1.2 – Кінематична схема робота-маніпулятора

Маніпулятор за своїм призначенням мусить забезпечувати переміщення об'єкта маніпулювання в просторі за заданою орієнтацією та по заданій траєкторії. Задля повного виконання вищевказаної вимоги основний механізм маніпулятора забовязаний мати не менше шістьох ступенів вільності. Але маніпулятори з шістьма ступенями вільності складні як у експлуатації, так і в виготовленні, тому в реальних конструкціях застосовується менше ніж шість ступенів рухливості. Найпростіші маніпулятори мають три, рідше дві, ступені вільності, що здешевлює та спрощує конструкцію. Основними завданнями маніпуляційного робота є дотримання заданої траєкторії та позиціонування робочого органу. Залежно від призначення маніпулятора, задля забезпечення руху модулів роботів практикують використовуювання різних видів приводів.[5]



Рисунок 1.3 – Види приводів, що використовуються в маніпуляторах

Більшість існуючих у даний час маніпуляційних роботів використовуються для виконання рухів електричного приводу. Основними його перевагами щодо пневматичних або гідравлічних приводів можна зазначити: - високий ККД; - малі габарити; - зручність керування; - широкий діапазон потужностей. В сучасних промислових маніпуляторах зазвичай використовуються двигуни постійного струму (ДПТ), вентильні двигуни, який найбільш часто застосовуються ДПС, та крокові. Робочий простір маніпулятора — простір, у якому може перебувати виконавчий пристрій під час роботи маніпулятора (автооператора, промислового робота). Конфігурація робочого простору і його величина безпосередньо залежать від числа ступенів вільності маніпулятора, розташування, також типу кінематичних пар та розміру ланок.

Переміщення руки маніпулятора може здійснюватися у сферичній, циліндричній або прямокутній системах координат. Рух руки в прямокутній системі координат можна забезпечити лише поступальними парами, маніпулятор лиш разом із обертовими рухами ланок, який дає змогу переміщати об'єкт маніпулювання у об'ємно-сферичній робочій зоні. Широкі можливості мають ті маніпулятори, які створені на основі, схем з двома поступальними та одним обертальним рухом ланок, що дають змогу маніпулювати об'єктом у об'ємно-циліндричній робочій зоні.[7]

Поширеними є також маніпулятори в основі які мають структури з двома обертовими та одним поступальним рухом ланок, що дає можливість маніпулювати у зоні об'ємно-сферичній, яка є значно більша. При цьому, далеко не всі частини робочого простору зручні однаково для виконання рухів, які були задані

захвату. У зв'язку з цим рух захвату поділяють на чотири класи:

- рухи захоплювача з вільним об'єктом маніпулювання в вільному робочому просторі;

- рухи захоплювача з вільним об'єктом в невідільному робочому просторі;

- рухи захоплювача в вільному робочому просторі з об'єктом маніпулювання, на який накладено в'язі;

- рух захоплювача в невідільному робочому просторі з невідільним об'єктом маніпулювання. Зона обслуговування маніпулятором

— простір, в якому орган робочий виконує свої функції відповідно до призначення маніпулятора та установлених значень їхніх характеристик.

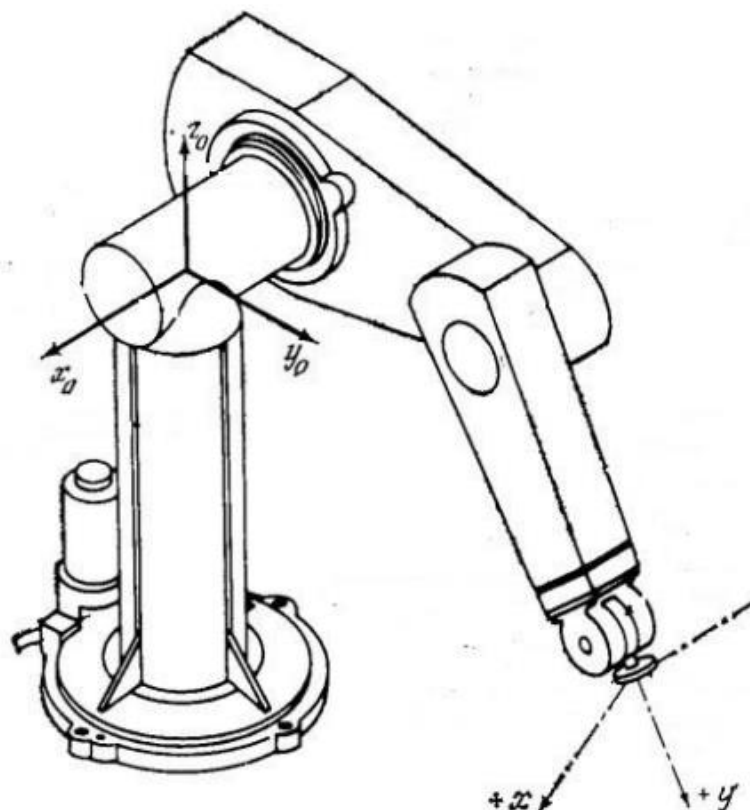


Рис. 1.4. Загальний вигляд РМ – з трьома ступенями свобод

Рухомі частини з'єднані або зі стійкою; що призводить до накладання на рух певної кількості зв'язків (обмежень руху). Рухливе поєднання двох дотичних ланок називається кінематичною парою. Добре відомо, будь-яка ланка у просторі має шість ступенів вільності (шість незалежних рухів), якщо

не зв'язана з ніякою іншою ланкою. При з'єднанні двох ланок між собою, залежно від виду з'єднання може бути обмежено від 1 до 5 рухів. Якщо обмежити всі 6 рухів, маємо отримати одну нерухому ланку, та пара існувати перестас. Якщо ланки не контактують, кінематична пара також відсутня, а є тільки вільні ланки. Отже, для існування кінематичної пари необхідні три умови

- Контакт між ланками;
- Можливість відносного руху ланок;
- Наявність двох ланок;

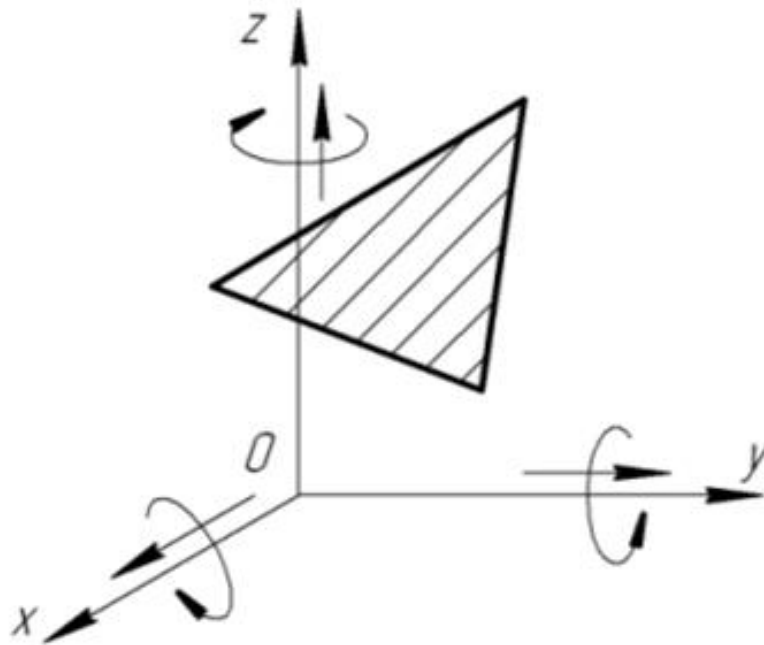


Рис 1.5 Можливі ступені вільності об'єкта

1.2 Обґрунтування системи керування на базі ПЛК

Розрізняють за способами управління, такі системи роботизованого управління та відповідні пристрої управління [6]:

- Програмне : управління здійснюється відповідно до заздалегідь розробленої, незмінної програми управління.
- Адаптивне : де управління здійснюється як функція інформації про навколишнє середовище і власний поточний стан робота, а також змін, що надходять від сенсорних пристроїв в процесі управління.
- інтелектуальні, з адаптивністю, піднятою до рівня, що відповідає людській інтелектуальній діяльності.

Залежно від типу пристрою, реалізованого для окремих ступенів руху, можна виділити наступні типи пристроїв:

- контурного управління, коли рух, який керується, здійснюється безперервною траєкторією;
- позиційного управління, коли керований рух проводиться за кроками (за позиціонуванням кінцевих чисел точок);
- циклового управління, при якому кількість його точок в кожній фазі руху зводиться до початкової і кінцевої точки, які визначаються механічними упорами або кінцевими вимикачами.

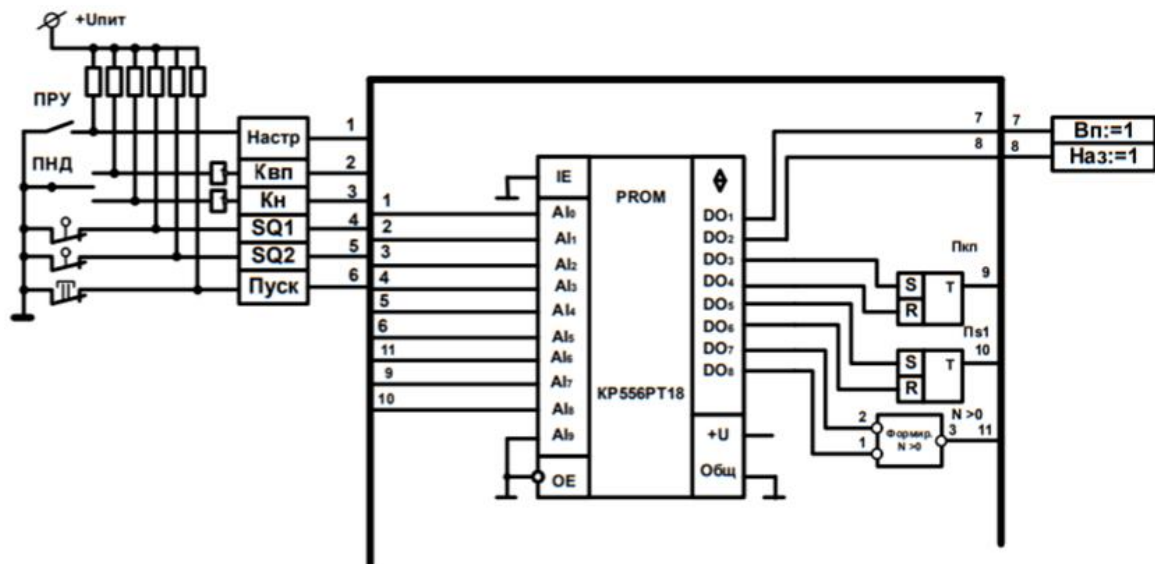


Рис.1.6. Принципова схема керуючого модуля маніпулятора

Задля того, щоб керувати приводами маніпулятора потрібно використовувати персональний комп'ютер (ПК), який служить для розрахунків і формування програми управління, і також плати керування на базі мікроконтролерів, що повинен задовольняти вимогам: [5]

- аналогові і цифрові вхідні канали для датчиків та периферійних пристроїв;

- висока продуктивність;
- послідовний інтерфейс UART/TTL (5 В);
- апаратна підтримка обчислень з плаваючою комою;
- дозвіл ШІМ менше 1 мкс;
- роздільне управління швидкістю та прискоренням для кожного каналу.

Для системи, що розробляється, було обрано мікроконтролер STMicroelectronics STM32F4 [6].

Плата STM32F4 Discovery оснащена:

- мікроконтролер STM32F407VGT6 з ядром Cortex-M4F (тактова частота 168 МГц, Flash пам'ять 1 МБ, RAM 192 КБ (корпус LQFP100)).
- відладчик ST-Link/V2 для налагодження та програмування МК;- живлення плати від зовнішнього джерела живлення 5 В або з допомогою USB
- датчиком руху ST MEMS LIS302DL та виходами акселерометра цифрового за трьома осями;
- датчик звуку ST MEMS MP45DT02;
- ЦАП звуку CS43L22;
- 8 світлодіодів: LD1 (червоний/зелений) для підключення USB, LD2 (червоний) для джерела живлення 3,3 В, 4 світлодіоди користувача: LD3 (помаранчевий), LD4 (зелений), LD5 (червоний), LD6 (синій) і USB On-The-Go – LD7 (зелений) і LD8 (червоний);- двома кнопками (для програмування користувачем та перезапуску).

Таким чином, плата налагодження має багато периферійних пристроїв, яка дозволяє одразу ж втілювати на ній приклади різної складності.

5. Аналіз існуючих систем управління роботом маніпуляційним

В даний час поширені найбільш системи управління маніпуляційними роботами виробляються фірмами KUK, ABB, Fanuc, Yaskawa Motoman,. В своїх розробках, задля вирішення зазначених завдань, вони використовують пропріетарні рішення закриті. Тобто користувач отримує систему, що включає у себе маніпуляційний робот та СУ МР одного виробника. Цей метод може гарантувати зручність використання фінального рішення, але звужує спроможності користувача [5].

Сучасні СУ МР фірми АВВ принципи застосовують модульну будову до центрального контролера за рухунок Ethernet інтерфейс може бути підключений ряд контролерів, призначених задля керування поодинокими маніпуляторами.

Роботи АВВ працюють на двигунах змінного струму, потужність яких різняться в діапазоні 4.5 кВт – 1 кВт для ряду вантажопідйомності 150 – 2 кг.

При цьому забезпечується позиційна точність 0,06 – 0,1 мм. Програмування проводиться з допомогою мови RAPID [20].

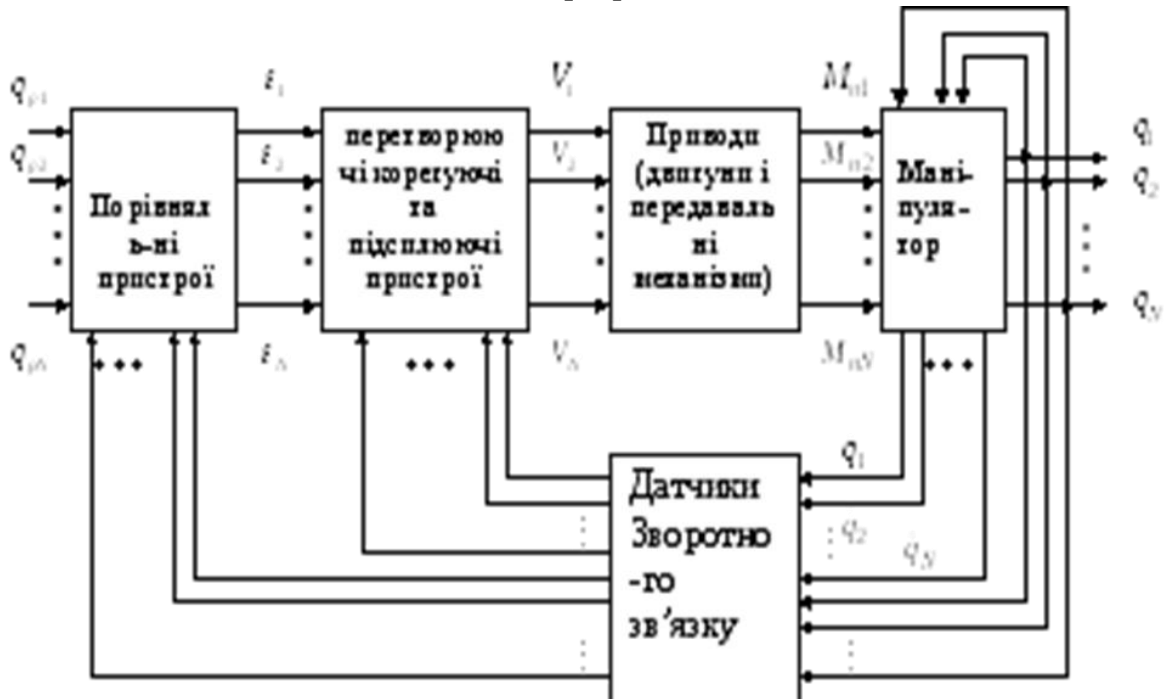


Рис.1.7. Вид загальної схема керування РМ на базі ПЛК

Робот як об'єкт керування містить складну електромеханічну систему, що складається з багатоланкової механічної конструкції (робочого механізму), виконавчого пристрою та системи керування електронної.

Де: $q_{p1} \dots q_{pN}$ – вихідний сигнал, що виробляються СК; $\varepsilon_1 \dots \varepsilon_N$ – сигнал узгодження, отримані після порівняльного пристрою; $V_1 \dots V_N$ – керуючий сигнал; $M_{p1} \dots M_{pN}$ – моменти та сили, створювані двигунами на маніпуляційних ланках; $q_1 \dots q_N$ – значення положення ланок маніпулятора.

Робочий механізм безпосередньо впливає на об'єкт чи середовище. Виконавчий пристрій містить сукупність приводів з відповідними датчиками зворотного зв'язку, коригувальними, перетворювальними і підсилювальними елементами. Метою управління роботом є генерування керуючих дій для виконавчих механізмів, процес, який гарантує, що захват слідує за даною просторовою траєкторією із заданою точністю. Зовнішньо маніпулятор не повинен повторювати конфігурацію людської руки, важливо, щоб він міг переміщатися у просторі і переносити корисний вантаж. Корисний вантаж – це пристрій для захоплення заготовок, деталей, вимірювальних і обробних інструментів або інших об'єктів, якими можна маніпулювати.

1.3 Маніпуляційні пристрої роотів маніпуляторів. Системи захватів.

Основним типом маніпуляційних пристроїв роботів служать маніпулятори механічні. Вони представляють собою кінематичний ланцюг

розімкнутий, складений з кінематичних пар, що мають два, частіше один ступені рухомості з кутовим чи поступальним переміщенням органу робочого, розташованого на кінці маніпулятора і приводів, частіше роздільних за ступеня свобод [11].

Ступені свобод маніпулятора діляться на орієнтуючі і переносні. Переносні ступеня рухомості служать задля переміщення об'єкта маніпулювання у межах робочої зони маніпулятора, а орієнтуючі задля орієнтації. Мінімально необхідна кількість переносних ступенів руху задля переміщення об'єкта маніпулювання у будь-яку точку абсолютно вільної робочої зони. Однак задля розширення маніпуляційних можливостей і забезпечення необхідних значень, динамічних і кінематичних значень маніпулятора (задля реалізації складних траєкторій руху, наприклад, задля уникання перешкод, підвищення швидкодії тощо) хоча це значно ускладнює і підвищує його вартість.

Максимально необхідна кількість орієнтовних ступенів рухомості дорівнюють трьом. (рис.1.7)

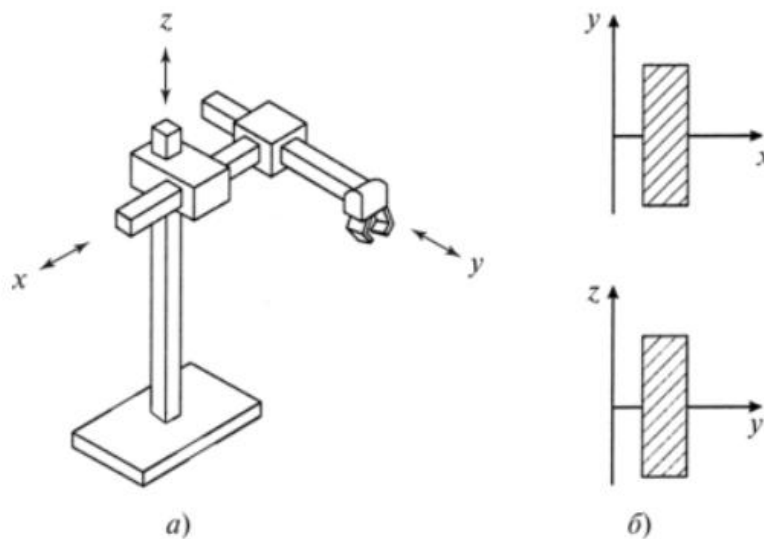


Рис.1.8. Прямокутна система координат маніпулятора

Відповідно, робоча зона приймає форму циліндра в іншій системі. (рис.1.8).

Робочі частини маніпуляторів [11] служать для взаємодії безпосередньо з об'єктами довкілля і діляться на спеціальний інструмент і захватні пристрої. Та інші робочі органи додатково можуть бути забезпечені засобами відчуття (сенсорними пристроями). Захватний пристрій, який призначений для того, аби взяти утримуваний об'єкт в його процесі маніпулювання і відпустити після закінчення даного процесу. Існують різні типи захватних пристроїв., такі як: Механічні пристрої - захвати, пневматичні та електромагнітні.Через

широке розмаїття робочих об'єктів, існує також безліч різних комбінацій цих захватів, і багато спеціальних захватів були розроблені на основі унікальних принципів роботи (наприклад: клейкі захватні пристрої, наколюючі, що використовують підйомну силу аеродинаміки, тощо).

Захват різних предметів роботом виконує пристрій, який отримав таку назву - схват. Захвати, за своєю конструкцією, доволі складні, тому приблизно 5-10% вартості всього робота становлять витрати на ці ж самі пристрої. До них такі вимоги: стабільність базування, утримання об'єкта маніпулювання, універсальність, висока надійність захоплення, малі маси, легкість і швидкість заміни, та габарити.

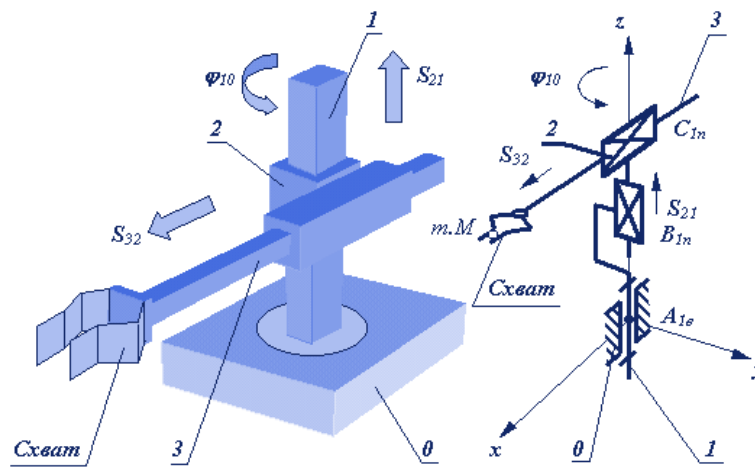


Рис. 12.1

Рис.1.9. Маніпулятор із циліндричною системою координат

Зображені на рис. 1.4 маніпулятор з кутовими координатами виконує лише кутові рухи, а всі їхніланки є шарнірами.. Отже такі маніпулятори називають шарнірними. Роботи з таким типом маніпулятора є найбільш компактними, але й найскладнішими в управлінні, оскільки їх можна скласти, не виходячи за габарити основи робота.

Подані на рис. 1.1... 1.4 маніпулятори мають тільки три переносних ступеня рухливості. Проте, оскільки маніпулятори реальних роботів містять в собі більшу кількість ступенів рухливості, часто використовуються різні комбінації розглянутих раніше основних типів систем координат[8].

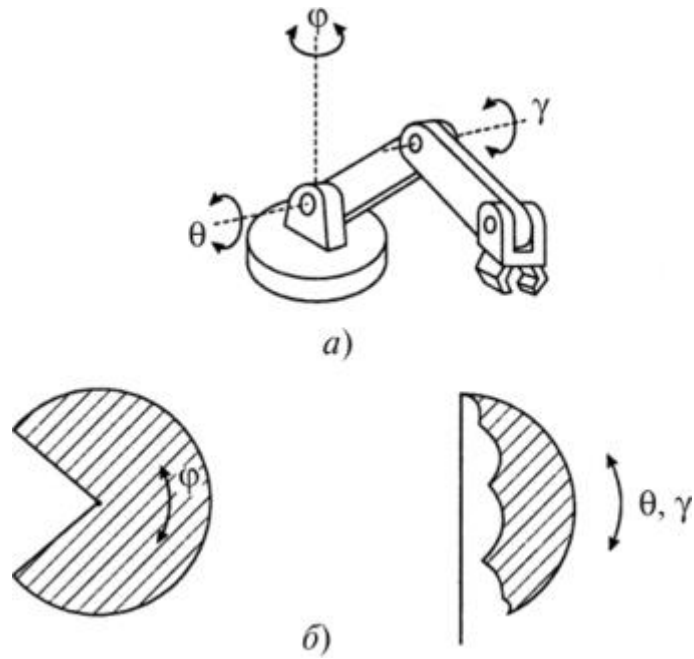


Рис. 1.10 Маніпулятор з кутовою системою координат (а) та його робоча

Для надійного утримання предметів, що відбувається за рахунок сил тертя сухого, випадків достатньо забезпечення двостороннього контакту..

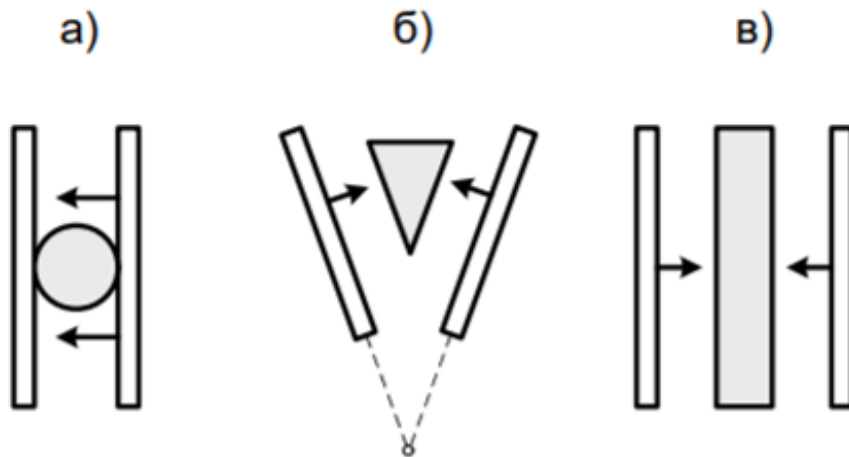


Рис.1.11. Схеми контакту (а,б,в)



Рис.1.12. Вид пневматичного захвату двохсторонньої дії

Захоплення тристоронньої дії (рис. 1.14) надає системі велику універсальність, через те суттєво ускладнюється конструкція, збільшується маса приводів і пальців, здійснюється обхват об'єкта з боків (усіх), зростає надійність, утримання предметів через збільшення кількості контактних точок і сил тертя. Захват може мати пальці трубчасті, їх розміщення під певним кутом один до одного та переміщуються у радіальному напрямку. Останнє дозволяє захоплювати тіла циліндричні не лише з зовнішньої, а й з сторони внутрішньої. При переносі прямокутних деталей з гранями два пальці захвату мають прилягати до однієї грані, а третій – до протилежних граней деталі.

Класифікують схоплення роботів за кінематикою захоплення об'єкта, типу приводу і пальців, за характером контакту із поверхнею та ін.[8]

Кінематика захоплення предмета захвату багато у чому визначається його формою.

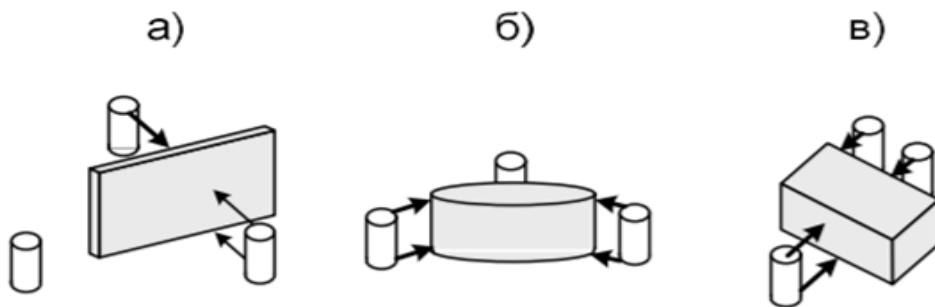


Рис.1.13. Схеми контакту (а,б,в)



Рис.1.14 Загальний вид пневматичного захвату тристоронньої дії

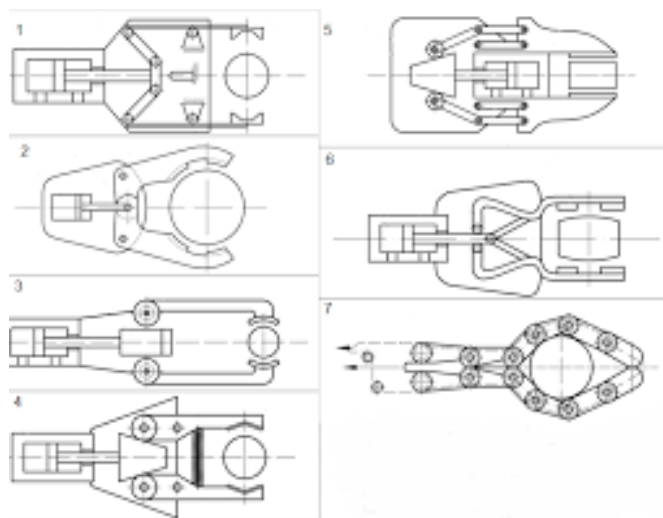


Рис.1.15. Приклади механічної частини захватного пристрою

Через широке розмаїття об'єктів, конструкції захватів також можуть сильно відрізнятися. У найбільш простому варіанті, об'єкти маніпулювання можна розрізнити на тіла плоскі (шайби, листове скло) і обертання. Як інструмент "спілкування" між рівнями, оператором та роботом, і також розв'язання логічних завдань і формування системи дій у термінах робота також використовуються формалізовані різнорівневі мови. І, нарешті, ще один важливий принцип, який існує в природі - це принцип синергії, або блокового управління. Наприклад, навчання людини різним функціям - ходьбі, керування автомобілем, стрибкам, бігу, плавання, написання тексту, тощо. - зводиться до формування і закріплення у пам'яті як досвіду відпо відних синергій, чи блоків, - взаємозалежних дій, деякі з них набуваються генетично в процесі еволюції організму, тоді як інші формуються в процесі навчання. Отже, синергії - це "цеглинки", за допомогою яких будується цілеспрямоване функціонування біологічної або технічної керованих систем. Групування ступенів рухомості робота в "блоки" і відповідне поменшення кількості незалежних змінних то є дуже дійовий спосіб управління даними доволі складними технічними системами, як роботи.

Висновок до розділу 1

В ході розроблення роботизованого технологічного комплексу задля обробки харчових продуктів і формування упаковки - необхідно обрати правильно тип робота-маніпулятора і відповідного накопичувача, синтезувати конструкції захватів, сформулювати зв'язок - маніпулятор та технологічне обладнання, розробити блокувальну систему. Тому, з метою визначення заданих характеристик маніпулятора і захватних маніпуляторів, було здійснено наліз зібраних вузлів за технічними характеристиками для проектування та складання, і обрані оптимальні характеристики для майбутнього робота. Для синхронізації операцій та визначення часових норм необхідно використати побудову циклограм, де і можна побачити тривалість та послідовність задля виконання складальних переходів. До задачі роботи - розробити алгоритм і координація роботи окремих механізмів задля запобігання зіткненням. Забезпечення того, щоб кожен механізм знаходився в заданому відносному положенні в заданий час, якщо визначається часові норм для кожного технологічного переходу.

РОЗДІЛ 2

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБЛЕННЯ РОБОТА МАНІПУЛЯТОРА НА БАЗІ ПНЕВМОПРИВОДА ДЛЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ СИСТЕМ ПАКУВАННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

2.1 Підхід до моделювання робота маніпулятора із приводом пневматичним

Основна кількість сучасних роботів працюють на принципах зворотного зв'язку, залежного управління та ієрархічних систем управління роботами. Ієрархічна побудова системи управління роботом означає, що система управління розділена на горизонтальні шари (рівні): верхній рівень управляє загальною поведінкою робота, рівень планування руху розраховує необхідну траєкторію руху робочого органу, рівень координації виконавчого механізму забезпечує необхідне переміщення робочого органу та рівень приводу, що безпосередньо керує двигуном, який відповідає за той чи інший ступінь мобільності маніпулятора [17].

Просто так маніпулятор нічого не робить, якщо самого базового елемента не буде, необхідного для функціонування системи, а саме, алгоритму

планування траєкторії руху. Головна задача планування траєкторії в робототехніці полягає у знаходженні найбільш оптимального руху з початкового положення до фінального для складних тіл в заданому просторі. Важливо зазначити, що математична модель пневматичного приводу залежить від математичної моделі окремих елементів. Тому доцільність математичного моделювання приводу пояснюється типом приводу, до якого він належить (рис.2.1).

Одним з напрямків, що сприяє підвищенню ефективності при складанні та покращенню якості оброблюваної продукції, є впровадження модулів, які можуть бути швидко переналаштовані та автоматизовані в багатомономенклатурному виробництві, тобто функціональних модулів ФМ. Гнучкі системи збірки дозволяють використовувати готові ФМ в конструкції роботизованих маніпуляторів. При розробці робототехнічних комплексів в системах пакувального обладнання необхідно вибрати маніпулятор робота і накопичувач, спроектувати і розробити захват і підключити його до ПЛК.

Основні процеси синтезу ФМ для роботів-маніпуляторів характеризуються високою надійністю та коротким часом циклу. У сфері складальних операцій великий потенціал гнучкої автоматизації виправдовує використання автоматичних маніпуляторів, керованих ПЛК, для виконання завдань з переміщення продукції, а також для формування упаковки і обробки

пакування. Згідно з літературними джерелами [11 -19], трудомісткість таких систем з точки зору загальних трудовитрат становить 27 ... 32 %. За ревної пакувальні операції, які в основному здійснюються за допомогою роботів, приймаємо- фіксація, захоплення, підйом. Використовуємо операції групування для вертикального транспортування і горизонтального переміщення, а також для спуску в одному напрямку. Операції групування треба виконувати швидко та плавно. Отже, отримаємо РМ, який здатний безпосередньо забезпечити переміщення в вертикальній та горизонтальній площинах. Крім того, такі роботи потрібно проводити на великій робочій площі, а габарити самої РМ повинні бути вкрай малими. З цієї причини для автоматизації складального виробництва використовуються автоматичні маніпулятори з системами управління циклом і фіксованими жорсткими упорами в крайніх положеннях робочого органу.[18] РМ, що синтезовано в даній роботі. рис.2.1., має три ступені свободи: вертикальну і горизонтальну складову переміщення, і оберт навколо вертикальної осі і захват у вертикальній осі або горизонтальній (відповідно за обраною компоновкою). Сама керуюча система робота маніпулятора, як рішення технічного, - електропневматична з ПЛК. При спрацюванні датчиків місцеположення, робочий орган плавно гальмує за допомогою пневматичних демпферів. Приводи для переміщення захвата, кисті і руки- є пневматичні; по вертикалі рука ще переміщається за допомогою пневматичного мультипозиціонера

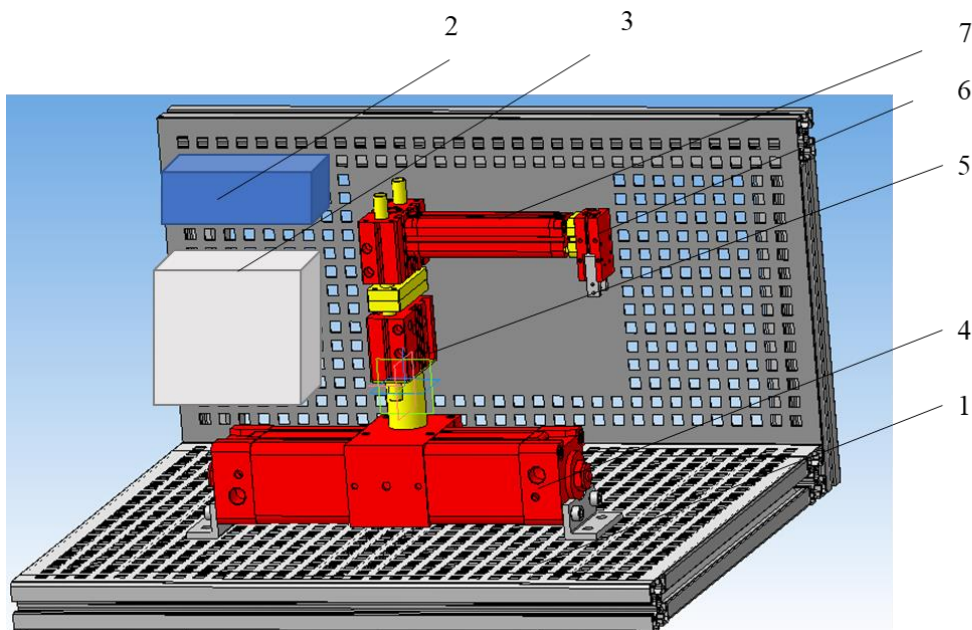


Рис.2.1. Загальний вигляд синтезованої конструкції РМ: 1 – станіна; 3 – шафа керування; 2 – ПЛК; 4 – циліндр поворотний пневматичний серії 69 (Camozzi); 5 – циліндр пневматичний QCTB із системою протиповоротною; 6 – захват пневматичний; 7 циліндр пневматичний серія 31(Camozzi).

В режимі роботи робота автоматичного , що забезпечується одно- та багаторазовим відтворення циклу, з умовою коли у одному циклі до двох горизонтальних та вертикальних переміщень руки, а також коли може подаватися команди на відключення і включення технологічного обладнання, яке працює у парі з маніпулятором. Тоді, від центру керування ще можуть подаватися інші команди, що підтверджують готовність обладнання до взаємодії з маніпулятором.

Програмування для роботи РМ під час виконання технологічних операцій та позиціонування - полягає у розробленні послідовності його рухів для органів маніпулятора, та виключень і включень свого пристрій. Також інтервал часу, який є початком кожного руху. Для синхронізації операцій технологічних та для визначення часових норм , ми використовуємо побудову циклограм з яких видно послідовність та тривалість виконання щодо складних переходів. Циклограма вже є спосіб для синхронізації всіх спільно виконавчих та працюючих, транспортних засіб, які створюють модуль функціональний .

З побудови циклограми визначаються переходи, для виконання паралельних та послідовних рухів робота маніпулятора. Тому, на базі циклограми вже задаються програмами роботи робота маніпулятора та окремими модулями, що вводяться до системи керування автоматичної – та у програмовані контролери і в пам'яті мікро-ЕОМ. Тому, необхідно розробити алгоритм задля узгодження роботи окремих механізмів та задля запобігання щодо зіткнення, щоб забезпечити задане відносне положення кожної ланки механізму у певний часовий момент , та визначити норми часу для технологічних переходів.

Тому, у роботі поставлена задача щодо моделювання математичного, пневматичної силової частини для РМ.

2.2. Методи та матеріали дослідження задля вирішення завдань кінематичного та динамічного аналізу маніпулятора

Математична постановка для задачі та початкові умови.

Вихідні дані для задачі [23]:

- інформація про навантаження технічної системи;
- необхідний закон для руху захвата маніпулятора;
- кінематична схема для маніпулятора;
- геометричні розміри відповідних ланок маніпулятора;
- початкове положення для ланок.

За кожною ланкою для маніпулятора пов'яжемо праву систему координат декартову - як $O_i X_i Y_i Z_i$. Початок відліку для O_i розташуємо по центру шарніра та на одну координатну вісь направлену по шарніру по вісі рис.2.1, а другу координатну вісь направлену вздовж по вісі ланки симетрії, третю координатну вісь доповнено системою до правої [21]. Рух маніпулятора визначається зміною координат $i q(t)$ у часі, такими як переміщення – у поступальних кінематичних парах, та кути повороту - в обертальних парах.

Розроблено спосіб вирішення для задачі динамічного і кінематичного аналізу для маніпулятора з використанням прикладних програм у Mathcad.

Перше завдання з кінематики: Задана кінематична схема і закон руху маніпулятора (узагальнений закон зміни координат $= i q(t)$, $i 1, 2, \dots n$) пов'язана зі стійкою [11, 17, двадцять один]. Алгоритм розв'язання: 1)

Скласти матриці для перетворення координат за методом Денавіта-Хартенберга [20]. - Для поступальної та кінематичної пар:

$$A_v(\vec{i}, q) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \pm q + x \\ 0 & 1 & 0 & y \\ 0 & 0 & 1 & z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

(2.1.)

$$\begin{aligned}
A_v(\vec{j}, q) &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & x \\ 0 & 1 & 0 & \pm q + y \\ 0 & 0 & 1 & z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \\
A_v(\vec{k}, q) &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & x \\ 0 & 1 & 0 & y \\ 0 & 0 & 1 & \pm q + z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},
\end{aligned} \tag{2.2}$$

-щодо обертальних кінематичних пар, ми беремо за напрямок обертання проти стрілки годинника - тобто напрямком для додатнього приросту q :

$$\begin{aligned}
A_w(\vec{i}, q) &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & x \\ 0 & \cos q & -\sin q & y \\ 0 & \sin q & \cos q & z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \\
A_w(\vec{j}, q) &= \begin{bmatrix} \cos q & 0 & -\sin q & x \\ 0 & 1 & 0 & y \\ \sin q & 0 & \cos q & z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \\
A_w(\vec{k}, q) &= \begin{bmatrix} \cos q & -\sin q & 0 & x \\ 0 & 0 & 0 & y \\ \sin q & \cos q & 1 & z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},
\end{aligned} \tag{2.3}$$

відповідно x, y, z - координати початку відліку $O_i + 1$ у координатній системі $O_i X_i Y_i Z_i$. Памятаємо, що кут повороту $q \in [0, 2\pi]$, відповідно $-1 \leq \sin q \leq 1$, $-1 \leq \cos q \leq 1$.

Щодо складання матриць для перетворення координат та наведеними зазначаннями: тип кінематичної пари (де поступальна або обертальна), та до якої вісі відбувається переміщення та координатою узагальненої де вона характеризується. 2), тобто на основі кінематичної схеми маніпулятора подаємо рух окремої точки P , тобто сукупність рухів для кожної узагальненої координати. Розробимо ланцюг для переміщень від нулевої ланки (де

заснування маніпулятора) n - ої ланки, для якої особлива точка нерухома, тобто:

$$0 \xrightarrow{\Lambda_w(\bar{k}, q_1)} 1 \xrightarrow{\Lambda_v(\bar{k}, q_2)} 2 \xrightarrow{\Lambda_v(\bar{j}, q_3)} 3 \dots n-1 \xrightarrow{\Lambda_v(\bar{i}, q_n)} n.$$

(2.4)

3) визначемо для положення точки P маніпулятора в системі координат, пов'язаної з n -ою ланкою, та системі координат РМ, пов'язаної з опорою.

$$\begin{aligned} \hat{\bar{r}}_P^n &= (x_P \quad y_P \quad z_P \quad \underline{\underline{1}})^{\hat{T}} \\ \bar{r}_P^0 &= f(q_1(t), q_2(t), \dots, q_k(t)) = A_0^1 \cdot A_1^2 \cdot A_2^3 \cdot \dots \cdot A_{n-1}^n \cdot \bar{r}_P^n = T_n \cdot \bar{r}_P^n \end{aligned}$$

(2.5)

Загальна матриця для координат від n - ої ланки відповідно нулевої ланки (опори для маніпулятора):

$$T_n = A_0^1 \cdot A_1^2 \cdot A_2^3 \cdot \dots \cdot A_{n-1}^n \quad (2.6)$$

Далі для маніпулятора будемо кінематичну схему, рис. 2.2.

Застосовуючи основні команди чисельного моделювання MathCAD та враховуючи розміри моделі-прототипу, визначено відповідну траєкторію руху точки P , пов'язаної з пневматичним захватом, тобто межі робочої зони робота-маніпулятора (рис. 2.1).

Розписуємо координати точок РМ обчислюються за допомогою вбудованої функції MathCAD CreateMesh, яка також дозволяє будувати параметричні поверхні. Відповідна програма розрахунку показана на рис. 2.3.

Для аналізу РМ ми використаємо схему кінематичну рис.2.2. Попередньо використовуємо закони руху узагальнених координат $q_1(t)$, $q_2(t)$, $q_3(t)$, наведені

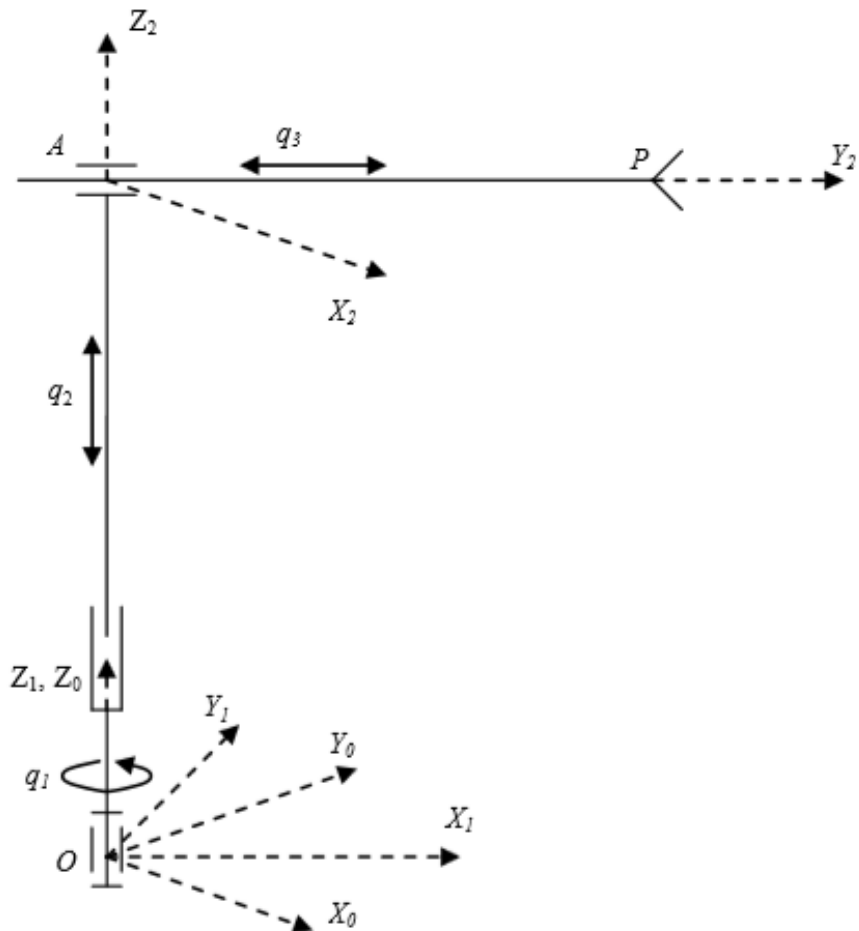


Рис.2.2. Загальна вигляд кінематичної схеми маніпулятора що досліджується

Узагальнений метод Денавіта-Гартенберга дозволяє досліджувати траєкторії окремих точок і ланок РМ на основі координатної матриці з урахуванням пар обертальних і поступальних рухів.

Наведені нижче розрахунки дозволяють обґрунтувати вибір основних компонентів робота-маніпулятора та спрогнозувати робочої зони робота., рис. 2.5. Попередньо враховуємо законами руху модулів зворотньо поступальних ҚСТВ та серії 31, рис.2.3(а,б).

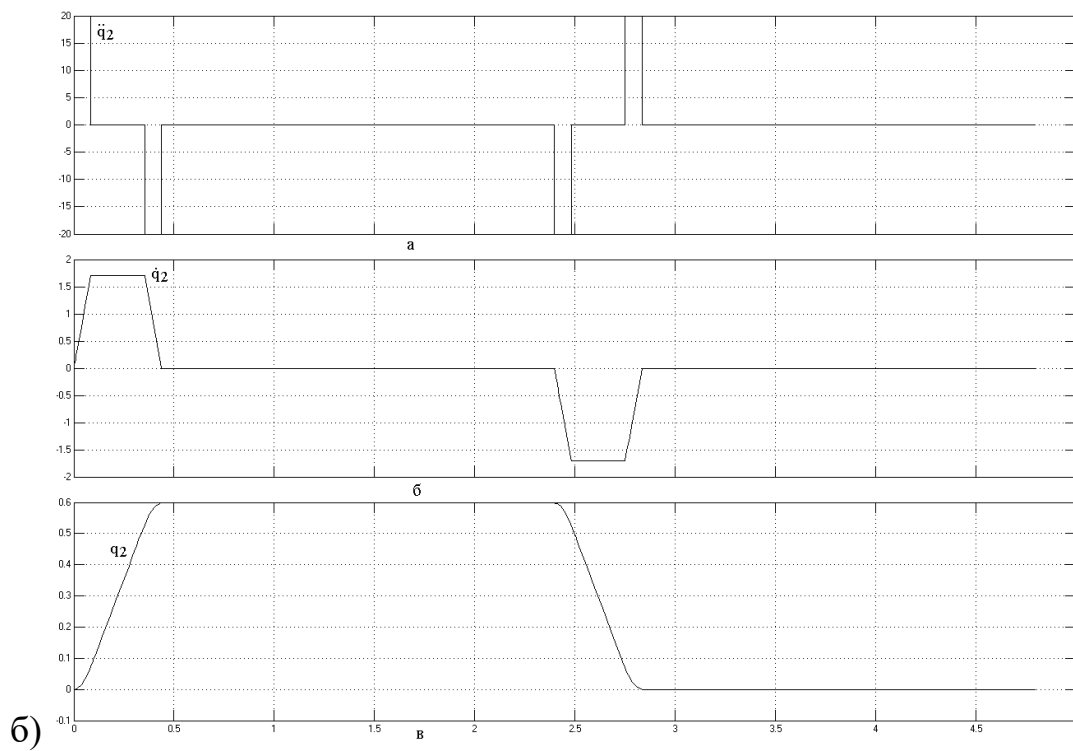
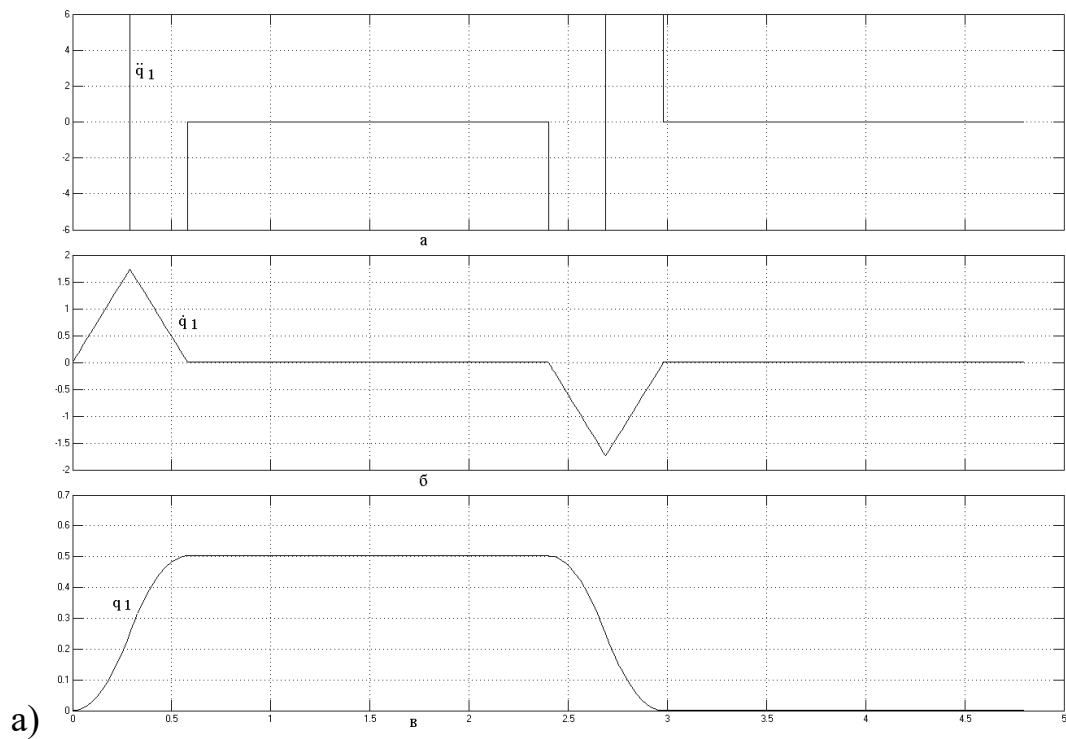


Рис.2.3. Загальний вигляд циклограм роботи окремих модулів робота маніпулятора (на основі QSTB, серія 31)

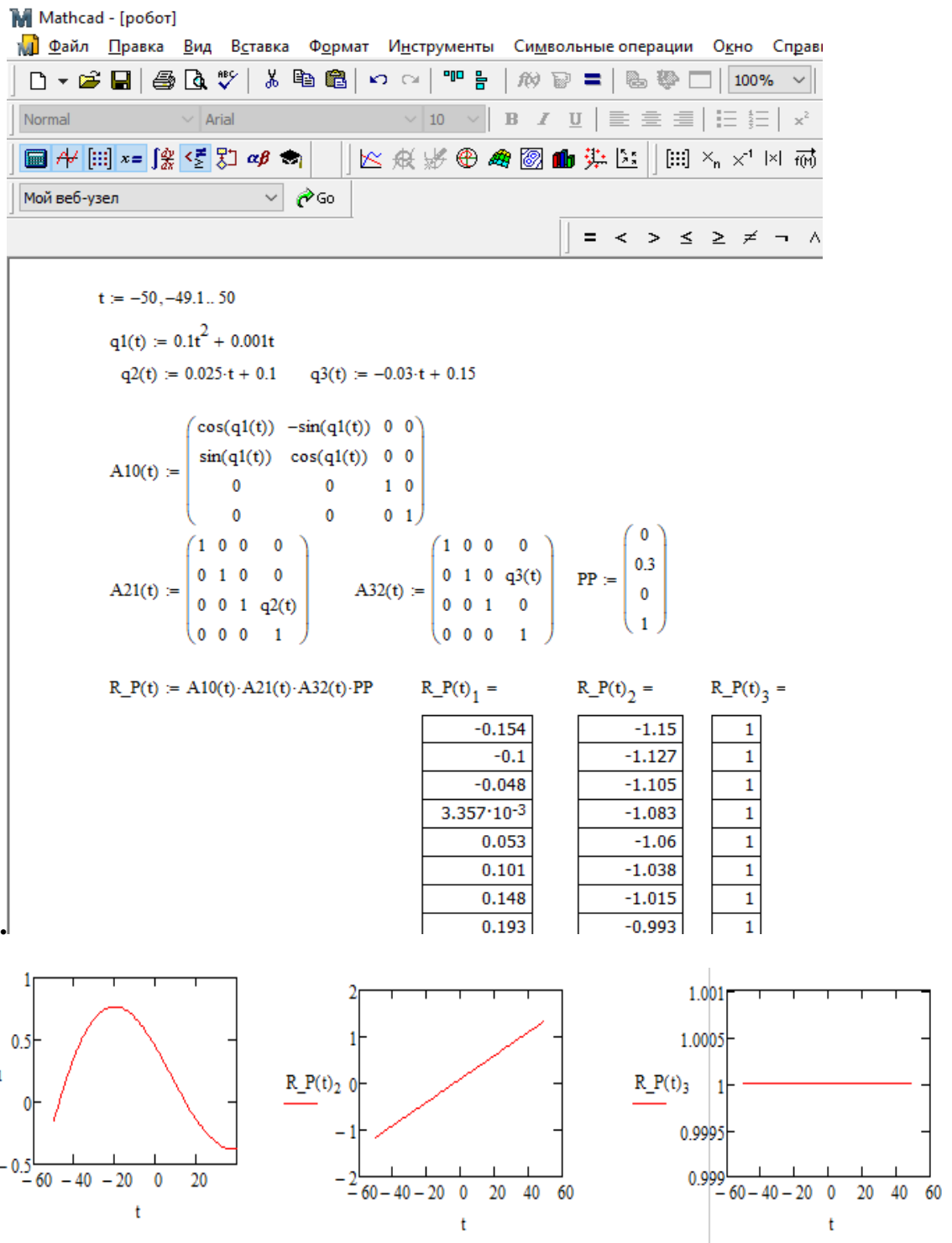
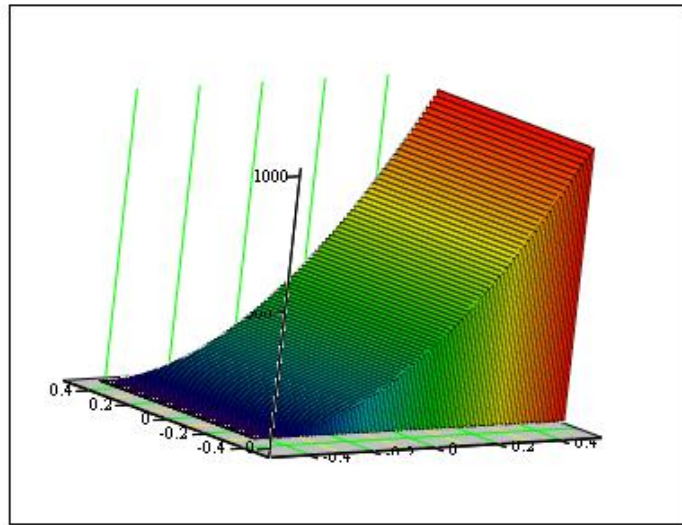


Рис.2.4. Результати вирішення задачі для положення робота маніпулятора у MathCAD: де t – час, мс; $q1(t)$, $q2(t)$, $q3(t)$ – це закони зміни загальних координат; $A10(t)$, $A210(t)$, $A32(t)$ – це матриці перетворення координат; PP – це координати точки P для захвату у системі координат, яка пов’язана з пневмоциліндром серії 31; $R_P(t)$ – закон зміни положення координат точки P захвату, відповідно до координат системи - нерухомої .

$$i := 0..100 \quad +$$

$$q1 := 0.1i^2 + 0.001i$$

$$q2 := 0.025i + 0.1 \quad q3 := -0.03i + 0.15$$



q1, q2, q3

а)

$$f(t) := (0.1t^2 + 0.001t) \quad a := 1.9\pi$$

$$b := 6.0$$

$$F(u, v) := u \quad \text{mesh} := 20$$

$$X(u, v) := u \cdot \cos(v)$$

$$G(u, v) := f(u) \cdot \cos(v)$$

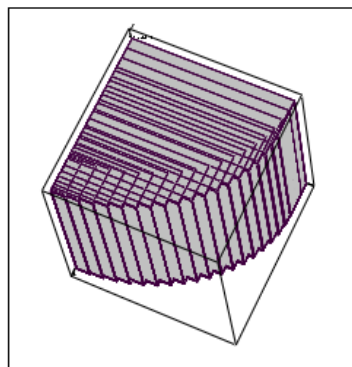
$$Y(u, v) := u \cdot \sin(v)$$

$$H(u, v) := f(u) \cdot \sin(v)$$

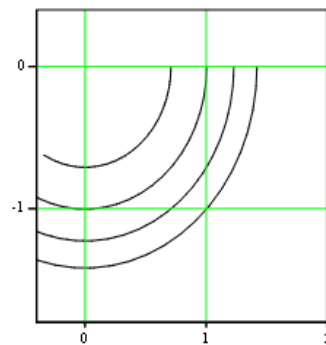
$$Z(u, v) := f(u)$$

$$SX := \text{CreateMesh}(F, G, H, a, b, 0, \frac{\pi}{2}, \text{mesh})$$

$$SY := \text{CreateMesh}(X, Y, Z, a, b, 0, \frac{\pi}{2}, \text{mesh})$$



SX



SY

б)

Рис.2.5. 3D графік для робочої зони робота маніпулятора: а) стартове положення веденої ланки модуля та для пневмозахвату; б) загальна зона робоча

Ланки для роботів, і їх електропневмодвигуни та механічні передачі являють собою систему з матеріальних тіл, та пов'язаних між собою пружними і жорсткими зв'язками. У цьому випадку запланований режим є динамічним і в подальшому визначається взаємодією ланок з електропневмоприводами.

Висновок до розділу 2

За час розробки робота маніпулятора було створено для автоматичного режиму роботи, що відтворює одноразові та багаторазові робочі цикли. Були розроблені алгоритми для координації роботи окремих механізмів і запобігання зіткненням пневматичних елементів. За допомогою узагальненого методу Денавіта-Хартенберга досліджено траєкторії окремих точок робота-маніпулятора на основі матриці координат. Побудовано математичну модель та проведено розрахунки для обґрунтування вибору захвату, одного з основних компонентів робота-маніпулятора.

РОЗДІЛ 3

Синтез робота маніпулятора на основі чисельних методів і інженерних програм

3.1. Розрахунки приводів РМ

Особливістю математичної моделі пневмоприводу, що розглядається в даній роботі, є опис вхідних функцій, які характеризують зміну витрати робочої системи внаслідок перепаду тиску в трубопроводі. Тому, реальний процес протікання повітря трубопроводами має характер політропічний. Безпосередньо обчислення показників залежить ще від багатьох факторів та є занадто складними. Для спрощення розрахунків приймаємо, що процес протікання носить ізометричний або адіабатичний характер. Для розрахунку теплоізолюваного потоку використовувалися розрахунки за формулою Ванцеля і Сен-Венана. Таким чином, залежності для розрахунку масової вартості виглядають наступним чином.:

$$G = \mu f p_M \sqrt{\frac{2k}{(k-1)RT_M} (\sigma^{\frac{2}{k}} - \sigma^{\frac{k+1}{k}})}, \quad (3.1)$$

де μ – це коефіцієнт витрат, $\sigma = p/p_M$ – це величина відносного тиску. Графік залежності витрати від відносного тиску має такий вигляд вид, як представлено рис.3.1.

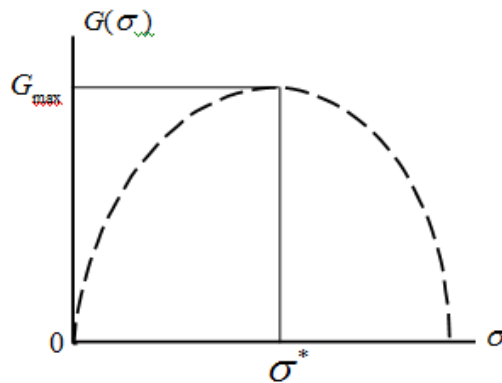


Рис.3.1. Теоретичний графік витрат повітря $G(\sigma)$

З цього графіка видно, що з урахуванням того, як змінюється тиск повітря на виході зменшується. Це означає, що значення відносного тиску σ зменшується, а маса швидкість повітряного потоку зменшується. На початку вона зростає і в певний момент швидкість потоку σ досягає свого максимального значення. При подальшому зниженні тиску на виході ця

масова витрата повітря залишається незмінною і дорівнює максимальному значенню G_{max} .

$$\varphi(\sigma) = \sqrt{\frac{2}{k+1} (\sigma^{\frac{2}{k}} - \sigma^{\frac{k+1}{k}})}. \quad (3.2)$$

Наведене нижче рівняння називається функцією витрат. Тобто, функцію (2.1) вже можна записати у вигляді:

$$G = \mu f p_M \sqrt{\frac{2k}{(k-1)RT_M}} \varphi(\sigma). \quad (3.3)$$

Ця функція визначає функцію витрат $j(s)$, як видно з характеру графіка залежності вимірювання від витрат на Рисунку 2.2. Отримано максимальне значення функції потоку $j(s)$. Потім визначається значення відносного тиску σ^* , при якому функція $j(s^*)$ має максимальне значення. Значення σ^* знаходиться за екстремальним значенням функції.

$$\frac{d\varphi(\sigma)}{d\sigma} = 0. \quad (3.4)$$

За умови диференціювання (2.2), отримаємо:

$$\frac{d\varphi(\sigma)}{d\sigma} = \frac{\frac{2}{k} \sigma^{\frac{2-k}{k}} - \frac{k+1}{k} \sigma^{\frac{1}{k}}}{2\sqrt{(\sigma^{\frac{2}{k}} - \sigma^{\frac{k+1}{k}})}} = 0. \quad (3.5)$$

Відповідно отримаємо:

$$\frac{2}{k} \sigma^{\frac{2-k}{k}} - \frac{k+1}{k} \sigma^{\frac{1}{k}} = 0. \quad (3.6)$$

ПО завершенню простих перетворень ми отримаємо величину σ^*

$$\sigma^* = \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k}{k-1}}. \quad (3.7)$$

Підставивши отримане значення в коефіцієнт адіапати повітря $k = 1,4$, отримаємо остаточне значення $\sigma^* = 0,528$.

Знаходимо най більше значення витратної функції j (σ^*). Підставляємо $\sigma^*=0,528$ у рівняння (3.8), та отримуємо:

$$\varphi(\sigma^*) = \sqrt{\left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{2}{k-1}} - \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}} = \sqrt{\frac{k-1}{k+1} \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{2}{k-1}}} . \quad (3.8)$$

Для повітря, $k = 1.4$, отримано максимальне значення функції витрат $\sigma^* = 0.259$.

Фактична вартість функції $j(\sigma)$ обчислюється за допомогою наступного рівняння.

$$\varphi(\sigma) = \begin{cases} 0,259, & \text{при } \sigma \leq 0,528, \\ \sqrt{\sigma^{\frac{2}{k}} - \sigma^{\frac{k+1}{k}}}, & \text{при } \sigma > 0,528. \end{cases} \quad (3.9)$$

Таким чином, процеси потоку повітря з $\sigma > 0,528$ є докритичними; якщо $\sigma \leq 0,528$, процес називається надкритичним.

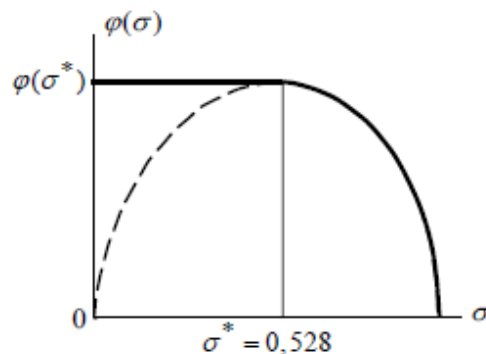


Рис.3.2. Графік для вимірювання функції $j(\sigma)$ під час адіабатичного протікання повітря

Знаходимо найбільшу величину для витрат. Вставляємо (3.8) у рівняння (3.7), та бачимо:

$$G_{\max} = \mu f p_M \sqrt{\frac{k}{RT_M} \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}} . \quad (3.10)$$

Отже, рівняння для пошуку масової витрати повітря в адіабатичному повітряному потоці має вигляд :

$$G = \mu f p_M \sqrt{\frac{2k}{(k-1)RT_M}} \varphi(\sigma),$$

$$\varphi(\sigma) = \begin{cases} 0,259, & \text{при } \sigma \leq 0,528, \\ \sqrt{\frac{2}{\sigma^k - \sigma^{\frac{k+1}{k}}}}, & \text{при } \sigma > 0,528. \end{cases}$$
(3.11)

Рівняння знаходження для маси витрат повітря запишемо:

$$G = \begin{cases} \mu f p_M \sqrt{\frac{k}{RT_M} \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}} & \text{при } \sigma \leq 0,528, \\ \mu f p_M \sqrt{\frac{2k}{(k-1)RT_M}} \sqrt{\left(\sigma^{\frac{2}{k}} - \sigma^{\frac{k+1}{k}}\right)} & \text{при } \sigma > 0,528. \end{cases}$$
(3.12)

Зверніть увагу, що витрата повітря залежить від рівня тиску на вході p_M .

У реальних пневматичних пристроях (розподільники, клапани, трубопроводи) характеристики потоку в більшості випадків не відповідають теорії. У цьому випадку фактичні пристрої вже повинні представляти по одному опору. Це лінійний опір, який чергується між звуженим шляхом потоку довільної форми, тобто повітряним шляхом, і більшою площею поперечного перерізу потоку.

Якщо максимальна витрата через дві лінії опору вже отримана, але досягнення межі спрацьовування вхідного тиску і виході будь-якого з опорів маємо: $\frac{p_2}{p_1} = 0,528$ а бо $\frac{p_2}{p_2} = 0,528$ (рис.2.4.)

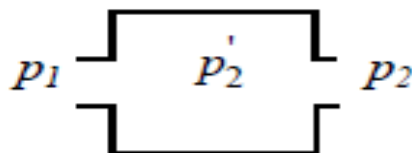


Рис.3.3. Розрахунок для витрат тиску у пневмосистемою

Тиск для двох опорів рівний $\frac{p_2}{p_1} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right) \left(\frac{p_2}{p_2}\right)$, звідси маємо - відносний тиск $\frac{p_2}{p_1} < 0,528$, що не відповідає значенню для критичного відношення до адіабатичного протікання $\sigma=0,528$.

У загальному випадку під час розрахунків, не треба розглядати процес протікання повітря у лінях перерізу як адіабатичні процеси.

Теоретичні розрахунки та лабораторні дані показують, що в промислових системах процеси течії в трубопроводах близькі до ізотермічних [35-38], тобто процеси течії відбуваються при постійній температурі відносно повітря.

У розрахунках часто використовують залежність від ізометричних процесів. Отже, витрати повітря у трубопроводі G вже визначаються формулою

$$G = \frac{f P_M}{\sqrt{RT_M}} \sqrt{\frac{1 - \sigma^2}{\zeta - 2 \ln \sigma}}, \quad (3.13)$$

відповідно ζ – сума коефіцієнтів для опору вхідних у лінію трубопроводу та пневмоапаратури, $\sigma = \frac{\rho_{\text{об}}}{\rho_M}$ – відносний тиск

Маємо:

$$\varphi(\sigma, \zeta) = \sqrt{\frac{1 - \sigma^2}{\zeta - 2 \ln \sigma}}. \quad (3.14)$$

Вищевказане рівняння є функцією потоку, заснованою на ізометричному потоці повітря. Тоді, як показано в рівнянні, функція витрат ізотермічної течії залежить від функції витрат адіабатичного процесу і змінюється зі зміною опору ζ системи.

Отже, як і у випадку адіабатичного потоку повітря, рівняння показує, що при відносному тиску $\sigma = 0$, де перепад тиску максимальний, функція витрати послідовно змінюється і витрата дорівнює нулю, що не відповідає реальному процесу. Як показано в рівнянні, функція витрат ізотермічної течії залежить від функції витрат адіабатичного процесу і змінюється зі зміною опору ζ системи тиску $\sigma_{\text{пр}}$, де маса витрат G має максимальне значення. Та витрати, яка обмежена швидкістю протікання повітря, не збільшується у нормальних умовах для швидкості звуку. Рівняння для витратної функції, для $\varphi(\sigma, \zeta)$ запишемо як:

$$\varphi(\sigma, \zeta) = \begin{cases} \sqrt{\frac{1-\sigma^2}{\zeta-2\ln\sigma}}, & \sigma_{np} < \sigma < 1; \\ \varphi(\sigma_{np}, \zeta) & \sigma \leq \sigma_{np}. \end{cases} \quad (3.15)$$

Відповідно $\sigma_{np} = \frac{\rho_{np}}{\rho_m}$ - це межа відносного тиску, ρ_{np} - це межа для значення тиску у лінії, де витратна функція та маса витрат мають максимальне значення.

Для витратної функції $\varphi(\sigma_{np}, \zeta)$ знаходимо максимальне значення у рівнянні (3.16). Для відповідного тиску σ_{np} потрібно визначити величину, де сягає максимальне значення для витратної функції.

$$\varphi(\sigma, \zeta) = \sqrt{\frac{1-\sigma^2}{\zeta-2\ln\sigma}}. \quad (3.16)$$

Для визначення межі відносного тиску σ_{np} визначимо похідну функцію (3.17) по відношенню до відносного тиску σ і прирівняємо до нуля:

$$\frac{d\varphi(\sigma, \zeta)}{d\sigma} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\zeta-2\ln\sigma_{np}}{1-\sigma_{np}^2}} \left(\frac{-2\sigma_{np}}{\zeta-2\ln\sigma_{np}} - \frac{-2}{\sigma_{np}(\zeta-2\ln\sigma_{np})^2} \right) = 0 \quad (3.17)$$

Отримуємо

$$\frac{\sigma_{np}}{\zeta-2\ln\sigma_{np}} - \frac{1}{\sigma_{np}(\zeta-2\ln\sigma_{np})^2} = 0. \quad (3.18)$$

Просте перетворення призводить до наступного рівняння, яке можна використовувати для визначення як відповідних значень, так і меж відносного тиску σ_{np} :

$$2\ln\sigma_{np} + \frac{1}{\sigma_{np}^2} = 1 + \zeta. \quad (3.19)$$

Для визначення максимального значення функції запишемо рівняння:

$$\varphi(\sigma_{np}, \zeta) = \sqrt{\frac{1-\sigma_{np}^2}{\zeta-2\ln\sigma_{np}}}. \quad (3.20)$$

Далі ми знаходимо рівняння за отриманою залежності (2.9) для визначення знаменника та підкореневого виразу (2.10):

$$\zeta - 2 \ln \sigma_{np} = \frac{1}{\sigma_{np}^2} - 1 = \frac{1 - \sigma_{np}^2}{\sigma_{np}^2}. \quad (3.21)$$

Підставивши отриманий вираз в (2.10), ми знайдемо максимальну величину для функції витрат $\varphi(\sigma_{np}, \zeta)$:

$$\varphi(\sigma_{np}, \zeta) = \sigma_{np}. \quad (3.22)$$

Тоді, із рівняння (2.7) кінцево ми отримаємо залежність для визначення витратної функції для $\varphi(\sigma, \zeta)$ за ізометричним рухом повітря:

$$\varphi(\sigma, \zeta) = \begin{cases} \sqrt{\frac{1 - \sigma^2}{\zeta - 2 \ln \sigma}}, & \sigma_{np} < \sigma < 1; \\ \sigma_{np}, & \sigma \leq \sigma_{np}. \end{cases} \quad (3.23)$$

Графік для змінення витратної характеристики у ізометричному руху показав на рис.2.4 (коефіцієнт протидії $\zeta=20$).

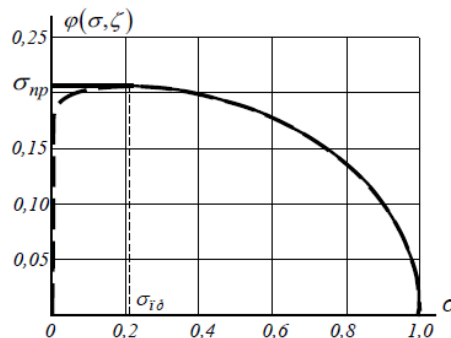


Рис.3.3. Графік щодо змінення витратної функції $\varphi(\sigma, \zeta)$ за ізометричним протіканням повітря

Чим більша кількість рядків, тим менша похибка в обчисленні спрощеного рівняння (2.13). Порівняйте результати: для $P_m=0,5$ МПа зміна тиску в діапазоні $\sigma=0,2$ вже показує відносну зміну похибки розрахунку в наступних діапазонах: $\zeta=20$... тобто від 7% до 0%, $\zeta=30$... від 5,3% до 0%, $\zeta=50$... від 3,5 до 0% і так далі. Заходьте.

3.2. Математичне моделювання у MathCAD для окремих частин робота маніпулятора

Пам'ятаймо, що рух поршня починається, коли рушійна сила присутня і перевищує всі сили опору руху поршня.

Тоді розв'язок задачі, також зводиться до розв'язання оптимізаційної задачі з ненульовими початковими умовами відповідно. Функція розриву в момент припинення дії рушійної сили потім згладжується.

Тоді рух поршня, до складу якого входить пневматичний механізм, серії 31 вже складається із чотирьох етапів:

Де I – це етап початковий. Де сила рушійна збільшується ($Q \leq Q(x) \leq Q_{max}$);

II етап – для прискорення, яке є інтенсивним. Коли рушійна сила постійна ($Q_{max} = const$), та Q_{max} - це максимальна рушійна сила, яку може створити штовхач, щоб не порушити цілісність вантажу, що вже рухається.

III етап – це етап перехідний. І тоді, сила рушійна зменшується ($Q_{max} \geq Q(x) \geq Q$);

IV етап – етап інтенсивної зупинки. Тоді, рушійна сила дорівнює нулю ($Q=0$).

Крім того, вантажі та штовхачі повинні бути закріплені та постійно контролюватися.

Отже, граничні умови для цієї задачі наступні:

$$\begin{aligned} t = 0; \ddot{x} = 0; \dot{x} = 0; x = 0 \\ \ddot{x} = \ddot{x}_{IV}; \dot{x} = 0; x = S \end{aligned} \quad (3.2.1)$$

маємо S - кількість переміщень вантажу від початкової до кінцевої позиції.; \ddot{x}_{IV} - це прискорення вантажу під час фази інтенсивного гальмування.

З рівняння (2.14) видно, що в кінцевій умові немає часу для переміщення вантажу. Пояснюється це тим, що під час чотириступеневого режиму роботи є час, який визначається процесом виконання завдання.

Припускаючи, що значення змінних в рівнянні (2.2) встановлюються відповідно до параметра x , рівняння руху поршня для пневматичного приводу

подвійної дії має вигляд:

$$m\ddot{x} = p_1(x)F_1 - p_2(x)F_2 - P(x)$$

(3.2.2)

Оптимальний час $T_{оп}$ передачі навантаження для робочої швидкості двоступеневого режиму (а на рис. 2.8), отриманий з рівняння [22]

$$T_{оп} = \sqrt{\frac{2S}{gf(1-m_{гр}gf/Q)}}$$

(3.2.3)

S - величина для переміщення вантажу (хід поршня); $m_{гр}$ - маса вантажу; f - це коефіцієнт опору.

На базі наведених вище математичних моделей (розроблених у середовищі Matcad) пневмоциліндрів подвійної дії серій 31 і QСТВ, результати зміни основних кінематичних і динамічних параметрів можна побачити на рисунку 3.4.

```

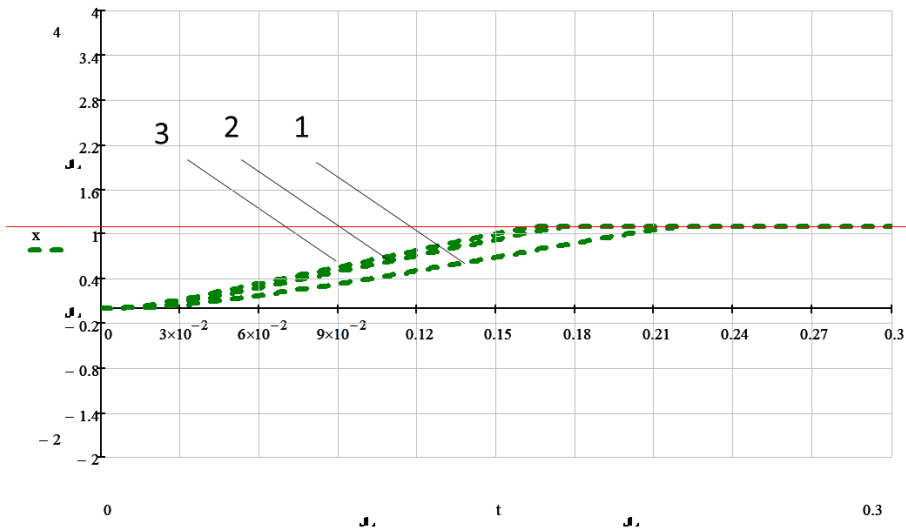
1
x'
x'
x
)
P1 ← PA
P2 ← PM
x ← 0
x' ← 0
x' ← 0
t ← 0
j ← 0
while t ≤ 2.5
  MP1i ← P1
  MP2i ← P2
  Mti ← t
  Mxi ← x
  Mx'i ← x'
  Mt'i ← x'
  PP ← P1·F1 - P2·F2 - PA·(F1 - F2)
  Ts ← PP if PP < Tpok & x' ≠ 0
  Ts ← (Tdc - sign(x')) - otherwise
  x' ← (PP - N·sign(x') - Ts - k·x') / M
  P1' ← [ (k·Q·√R·TM) / (F1·(x + x01)·√G1) ] · √(PM2 - (P1)2) - (k·P1 / (x + x01)) · x'
  HB ← 1 if x < x1
  HB ← 0 otherwise
  HBM2 ← 1 if x ≥ x1 & P2 > PM2
  HBM2 ← 0 otherwise
  HHM2 ← 1 if x ≥ x1 & P2 < PM2
  HHM2 ← 0 otherwise
  P2' ← [ HB · [ -k·Q·(√R·TM) / (F2·(S - x + x02)·√G2) ] · (P2 / PM)2-k · √(P2)2 - (PA)2 ] + [ HHM2 · [ k·Q·(√R·TM) / (F2·(S - x + x02)·√G2H) ] · √(PM2)2 - (P2)2 ] + [ (-HHM2) · [ k·Q·(√R·TM) / (F2·(S - x + x02)·√G2H) ] · (P2 / PM)2-k · √(P2)2 - (PM2)2 ] + (k·P2 / (S - x + x02)) · x'
  x' ← x' + x'·dt
  x ← x + x'·dt
  x' ← 0 if x ≤ 0 ∨ x ≥ 5
  x' ← x' otherwise
  x' ← 0 if x < 0 ∨ x ≥ 5
  x' ← x' otherwise
  x ← 0 if x ≤ 0
  x ← 5 if x ≥ 5
  x ← x otherwise
  P1 ← P1 + P1'·dt
  P2 ← P2 + P2'·dt

```

Рис.3.4. Лістинг програми MathCAD розрахунку кінематичних параметрів для пневмоциліндра

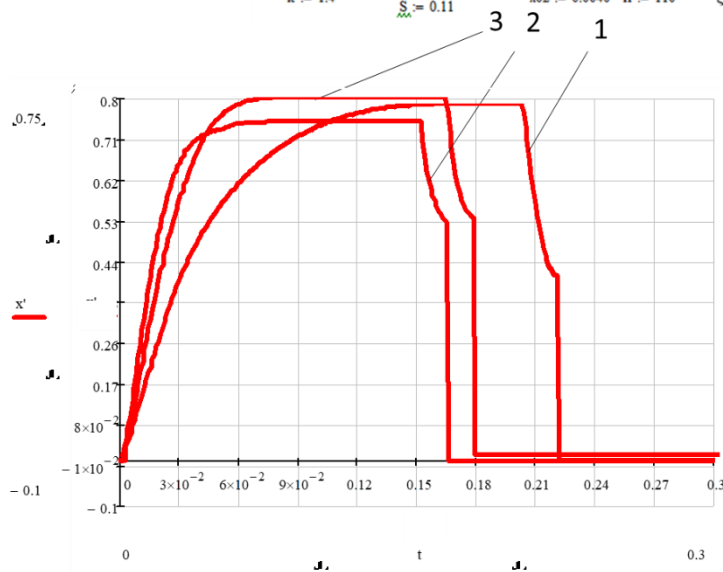
Результати математичного моделювання вже представлені у вигляді графіків та аналізу кінематичних параметрів і зміни тиску в робочій камері циліндра.

$dt := 0.001$	$PA := 98000$	$M := 0.8$	$D1 := 0.020$	$\xi 1 := 75$
$R_s := 287$	$PM := 400000$	$N_s := 0.9$	$D2 := 0.008$	$\xi 2 := 80$
$TM := 293$	$PM2 := 200000$	$x01 := 0.0040$	$DL := 0.008$	$\xi 2B := 500$
$k := 1.4$	$S_s := 0.11$	$x02 := 0.0040$	$h := 110$	$\xi 2H := 65$



a)

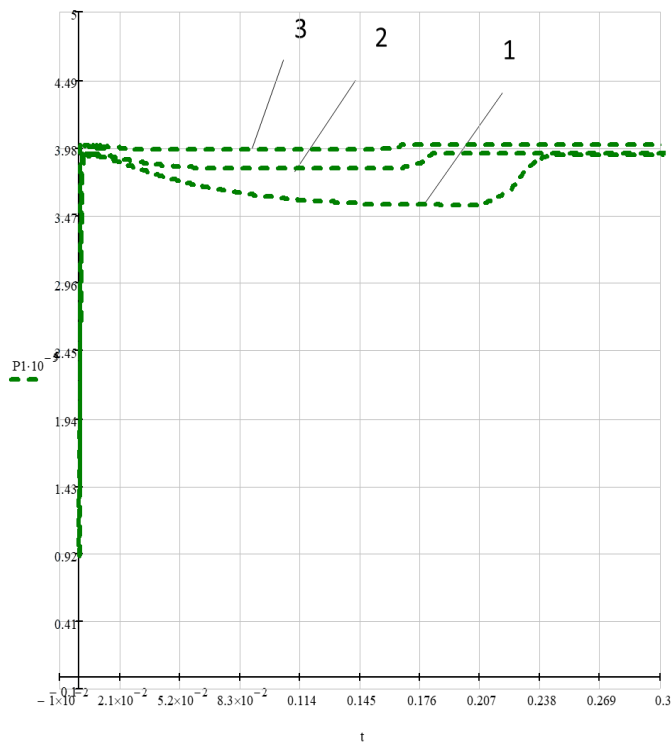
$dt := 0.001$	$PA := 98000$	$M := 0.8$	$D1 := 0.020$	$\xi 1 := 75$
$R_s := 287$	$PM := 400000$	$N_s := 0.9$	$D2 := 0.008$	$\xi 2 := 80$
$TM := 293$	$PM2 := 200000$	$x01 := 0.0040$	$DL := 0.008$	$\xi 2B := 500$
$k := 1.4$	$S_s := 0.11$	$x02 := 0.0040$	$h := 110$	$\xi 2H := 65$



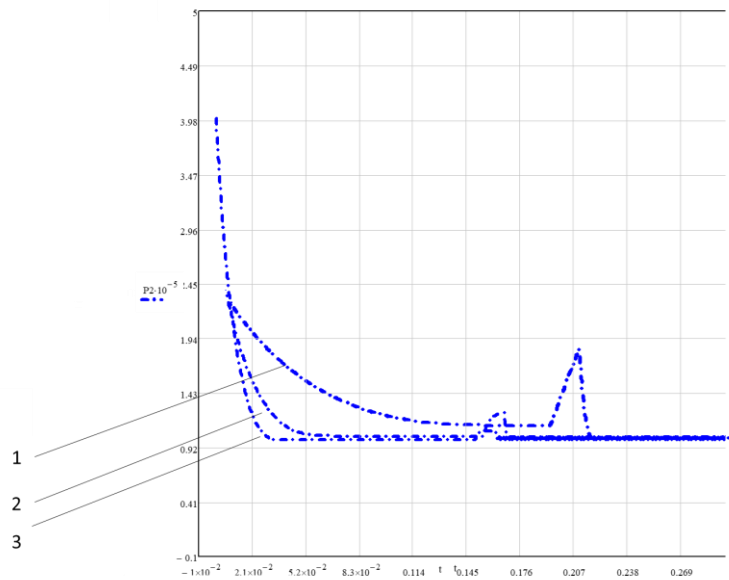
б)

Рис 3.5. Підсумки щодо зміни $S=f(t)$, $V=f(t)$, а радіус поршня 40мм; максимальний хід якої є 110мм: 1 – етап підведення тиску трубопроводом діаметром \varnothing 4мм; 2 – етап підведення тиску трубопроводом із \varnothing 6мм; 3 – етап підведення тиску трубопроводом із \varnothing 8мм.

$dt := 0.001$	PA := 98000	M := 0.8	D1 := 0.020	$\xi 1 := 75$
R := 287	PM := 400000	N := 0.9	D2 := 0.008	$\xi 2 := 80$
TM := 293	PM2 := 200000	x01 := 0.0040	DL := 0.008	$\xi 2B := 500$
k := 1.4	$S_{\lambda} := 0.11$	x02 := 0.0040	h := 110	$\xi 2H := 65$



а)



б)

Рис.3.6. Результати зміни $P1=f(t)$, $P2=f(t)$, де радіус для поршня 40мм; максимальний хід якої є 110мм: 1 – етап підведення тиску трубопроводом Æ 4мм; 2 – етап підведення тиску трубопроводом із Æ 6мм; 3 – це підведення тиску трубопроводом із Æ 8мм.

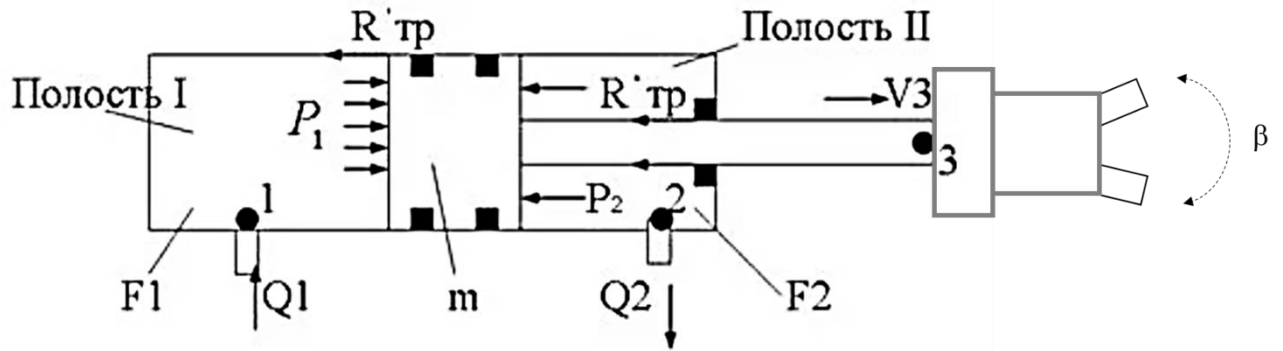


Рис.3.7. Схема навантаження кінцевика робота маніпулятора

Дивлячись на наші результати для моделювання, обираємо серію 31 із діаметром 20мм, та ходом 110мм, із протипворотною платформою щодо фіксації пневмозахвата з елементами сонтажу, та загальною масою 800гр.

а) M - центр мас або точка прикладання радіальної складової навантаження;

б) Максимальна радіальна навантаження F_1 за умови осьового навантаження $F = 0$;

Пневматичні захвати (Samuzzi Automation) в каталозі виробника., ми обираємо захват, як рис.2.9.

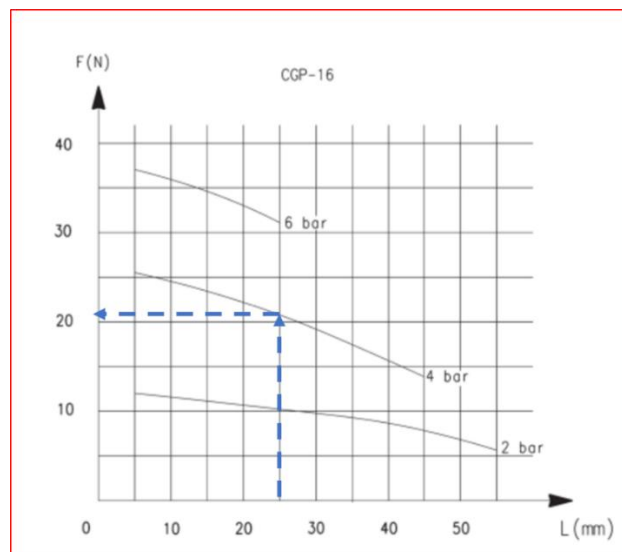


Рис.3.8. Зусилля задля фіксації об'єкту під час обробки за значень $P_m=0,4$ МПа, та відстані відповідно точки фіксації 25мм

3.3. Обґрунтування вибору захвата CGP - 16 пневматичного.

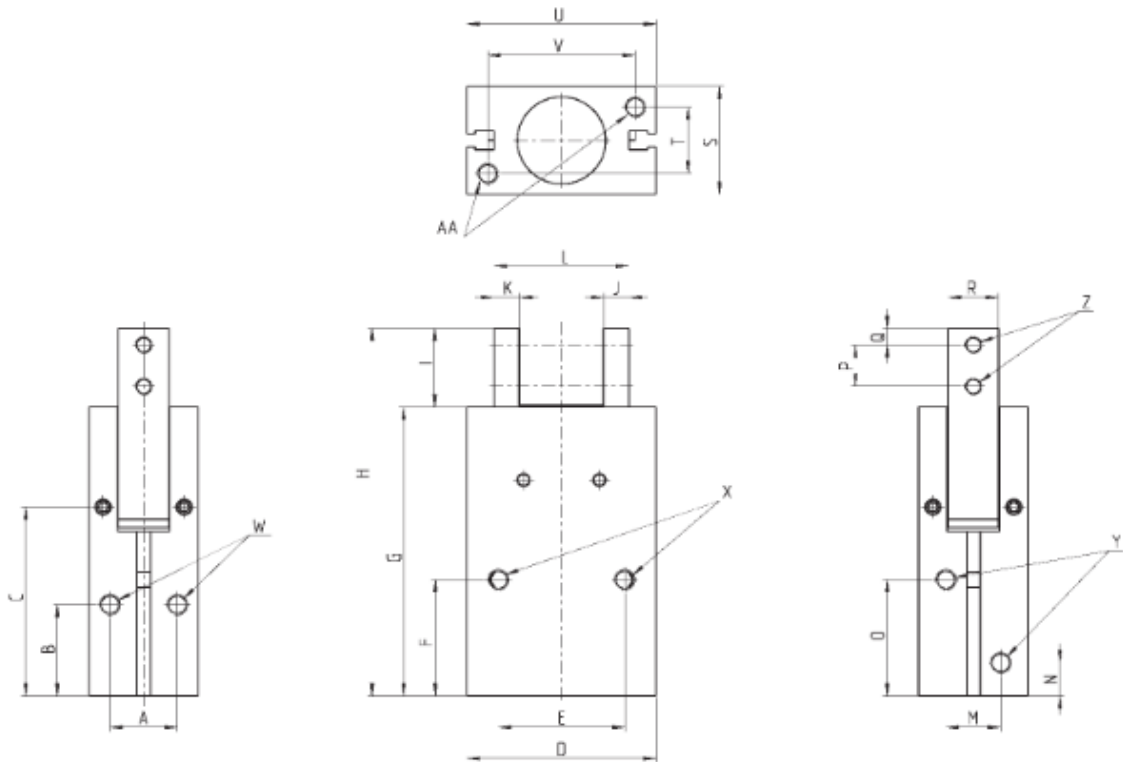


Рис.3.9. Захват пневматичний CGP - 16: Y – це підвід повітря у систему; Z – це отвори для закріплення захватних губок; X, W, AA - отвори для монтажу.

Модель захвату була обрана на основі теоретичної сили захоплення об'єкта (20-кратна вага предмету обробки).

На основі схеми розглянемо відповідно роботу пневматичного захвату Рис.3.10.

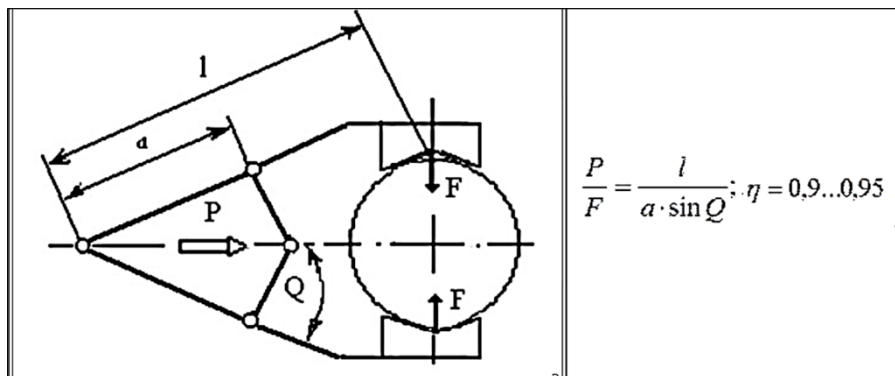


Рис.3.10. Кінематична схема важільного пристрою захвату

$$PM := 400000 \quad (\text{Па})$$

$$L := 0.025(\text{м}) \quad \alpha_1 := 30 \text{ град}$$

$$\alpha := \frac{(\alpha_1 \cdot \pi)}{180} \quad \text{рад}$$

$$A := \sin(\alpha) \quad F := 2, 4.. 40 \text{ (Н)}$$

$$F1(F) := \frac{F \cdot L}{(PM \cdot A \cdot \sin(\alpha))}$$

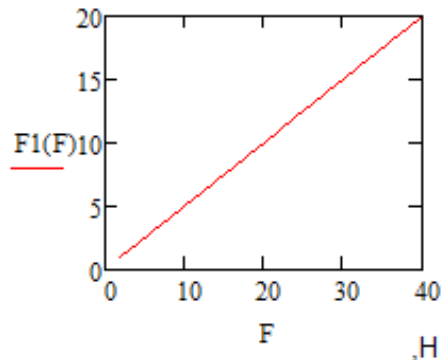


Рис.3.11 Аналіз зміни зусилля під час затискання під час роботи захвату

Висновок до розділу 3

Чисельні методи та інженерне програмне забезпечення були використані для визначення конкретної математичної моделі пневмоприводу та для характеристики зміни швидкості потоку внаслідок перепаду тиску в трубі. Результатом розрахунку є графік вимірювання витрати повітря і розрахунок загальної витрати тиску. Підсумкові результати математичного моделювання показані у вигляді графіків після розрахунку кінематичних параметрів захоплювача. Здійснено аналіз зміни кінематичних параметрів для пневмоциліндра. У розрахунках з отриманих даних, здійснено аналіз змін щодо залежності стискання під час роботи захвата.

РОЗДІЛ 4

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПОЗИЦІЮВАННЯ СПОЖИВЧИХ УПАКОВОК

4.1 Мета експериментального дослідження

Метою експериментального дослідження є визначення динаміки руху окремих ланок РМ.

Задачею експериментального дослідження було:

а) Дослідження роботи захвата пневматичного при затисканні різних за параметрами та формами об'єктів.

б) Отримання дослітих даних і уточнення адекватності попередніх моделей математичних.

4.2 Мета експериментального дослідження

Визначимо динамічний рух захоплюючих елементів кінцевої ланки РМ. Перевірення значення основних параметрів процесу (тиск, час, відстань до точки захвату, сила захвату).

Для цього:

- перевіряємо правильність роботи схеми;
- перевіряємо правильність математичної моделі;
- обробляємо експериментальні данні у програмі маткад.

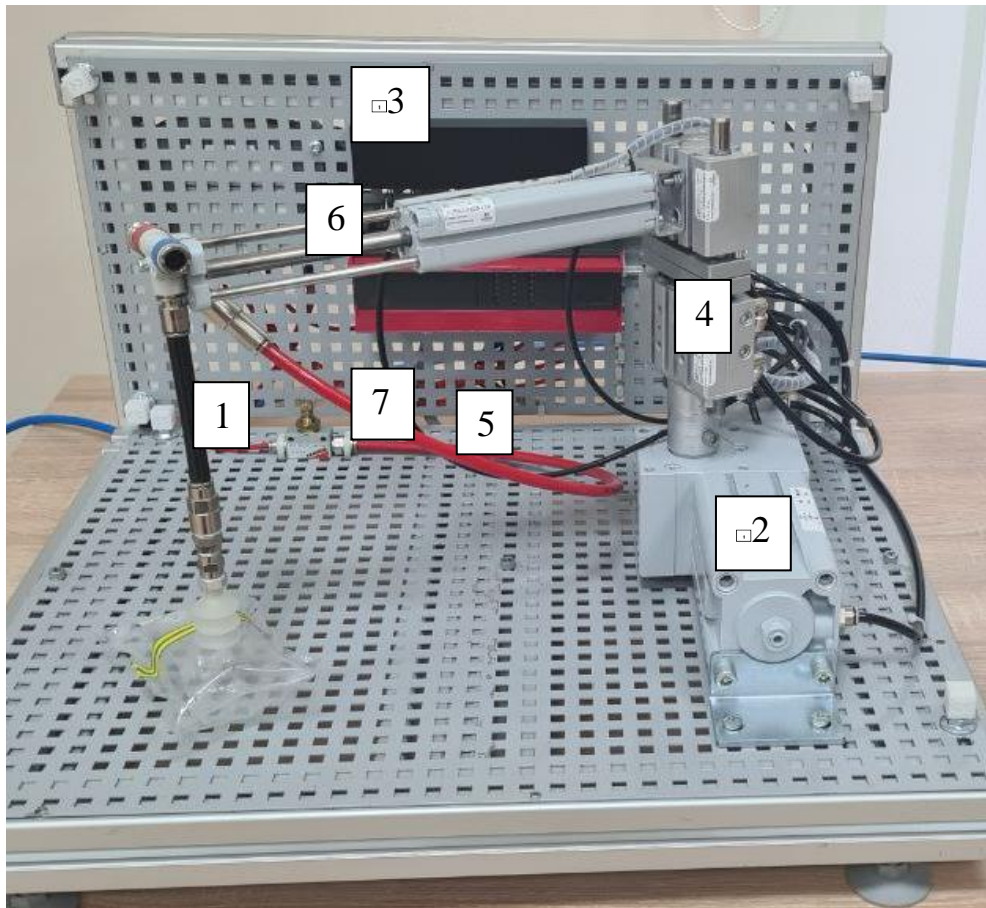


Рис 4.1 Робот маніпулятор.

1.-Захват вакуумний. 2.- Циліндр пневматичний серії 31R2A020A110. 3.- Контролер Siemens somatic S7-200. 4.- Пневматичний циліндр серії QST2A020A20NO. вертикальний 5.-Трубопровод. 6.- Циліндр пневматичний серії 690630909M. 7.-RFU346- пневмодросьель.

4.3 Принцип роботи

Продукт (Циліндричної, квадратної чи круглої форми) подається через магазин, разом з цим паралельно йде стиснене повітря під тиском, який задається через дросель регулювання (1-9 Бар). Подається через контролер 3 команда, де при подачі повітря з порту подачі тиску 5 робот повертається на 90°, в даний момент вертикальні циліндри 4 піднімаються, робот займає своє положення, де потім пневматичний циліндр 2, витягуєця до об'єкта, якого потрібно перенести. Потім робот позиціонується і наближається до об'єкта, пневматичний захват 1 затискає об'єкт і переміщує його в потрібне положення.

Крнтрольно-вимірювальні прилади:

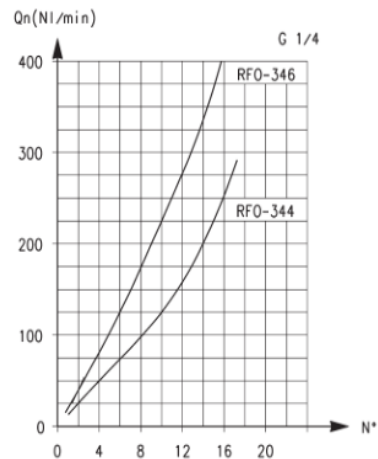
2) RFU346- пневмодросьель;

Пневмодроссели Серия RFU - RFO

С обратным клапаном и без обратного клапана
Присоединение: M5, G1/8, G1/4, G3/8 и G1/2
Условный проход: M5 = 1,5 мм; G1/8 = 2 и 3 мм;
G1/4 = 4 и 6 мм; G3/8 и G1/2 = 7 мм



Пневмодроссели с обратным клапаном
поставляются с присоединением M5,
G1/8, G1/4, G3/8 и G1/2. Модели с G1/8
и G1/4 имеют два исполнения –
с обычной и повышенной расходной
характеристикой (см. диаграммы).
В основном они используются для
регулирования быстродействия
цилиндров. Все модели дросселей
могут монтироваться на панелях или
на стене, а в случае необходимости,
на цилиндрах и распределителях.



RFO 344-1/4 - RFO 346-1/4

Qn определен при входном давлении 6 бар и $\Delta P = 1$ бар
N° = кол-во оборотов винта



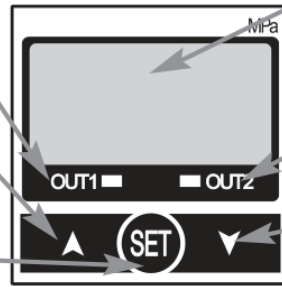
9) SWCN- реле тиску. Загальна характеристика технічних можливостей налаштування конртрольно вимірювальної панелі реле тиску.

Описание панели управления

Выход реле (OUT1)
(диод зеленого цвета)

Кнопка (▲)
Кнопка ▲ используется для ввода новых/изменения введенных значений параметров

Кнопка настройки
Изменение режима настройки и ввод конечного значения параметра



3 ½ - разрядный ЖК-дисплей
Отображается измеренное значение давления, содержание каждого заданного параметра и код ошибки.

Выход реле (OUT2)
(диод красного цвета)

Кнопка (▼)
Кнопка ▼ используется для ввода новых/изменения введенных значений параметров

Система перемикає сигнали живлення та обробляє інформацію в дискретно-аналоговому режимі. Опис обмежень для налаштування режиму вимірювання тиску.

Тип выхода

Режим гистерезиса: $P1(n1) > P2(n2)$
 $P3(n3) > P4(n4)$

Можно предварительно задать значение гистерезиса на выходе.

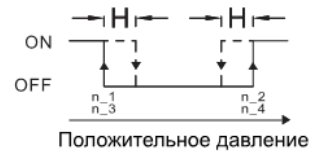
Режим двухпорогового компаратора: $P1(n1) > P2(n2)$
 $P3(n3) > P4(n4)$

В пределах диапазона настройки давления выход датчика может быть установлен на ON (вкл) или OFF (откл).

Состояние Normally open



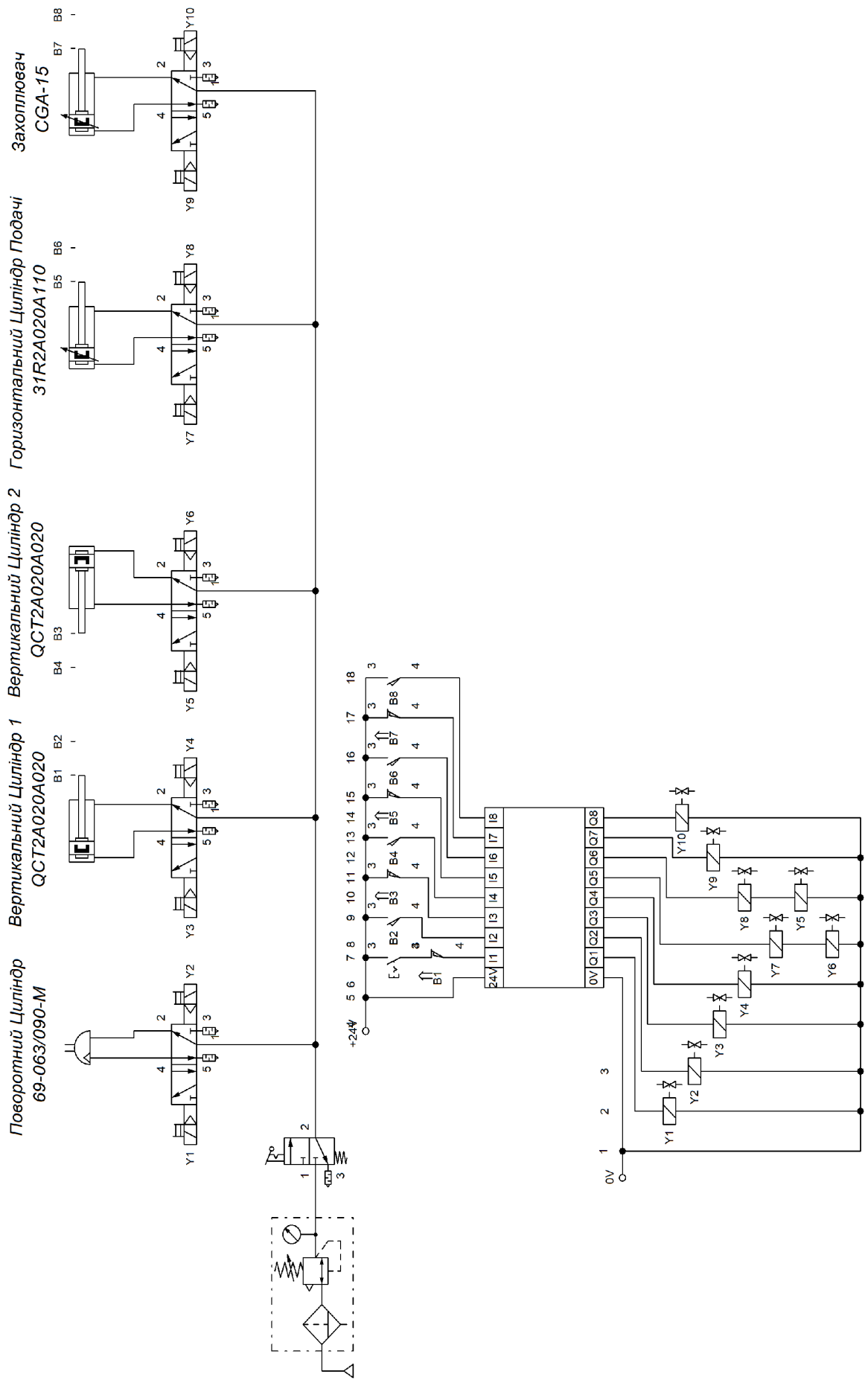
Состояние normally closed



[ПРИМЕЧАНИЕ] Если режим гистерезиса задается в пределах двух разрядов, а значение входа и заданного давления очень близки, на выходе датчика может появиться вибрация.

[ПРИМЕЧАНИЕ] Значение гистерезиса устанавливается на три разряда. Настройка уровня давления: не менее 6 разрядов.

Пневматична система робота маніпулятора в програмі FluidSim



Програмне забезпечення для робота маніпулятора, що була розроблена у програмном забезпеченні STEP 7

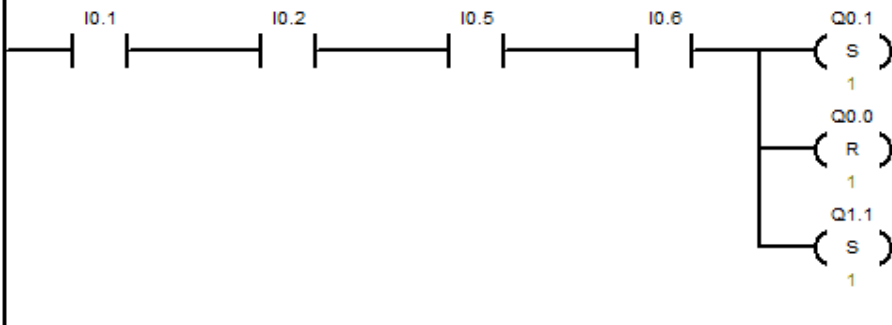
Block: MAIN
 Author:
 Created: 11/28/2019 08:17:39 pm
 Last Modified: 01/29/2020 03:19:44 am

Symbol	Var Type	Data Type	Comment
	TEMP		
	TEMP		
	TEMP		
	TEMP		

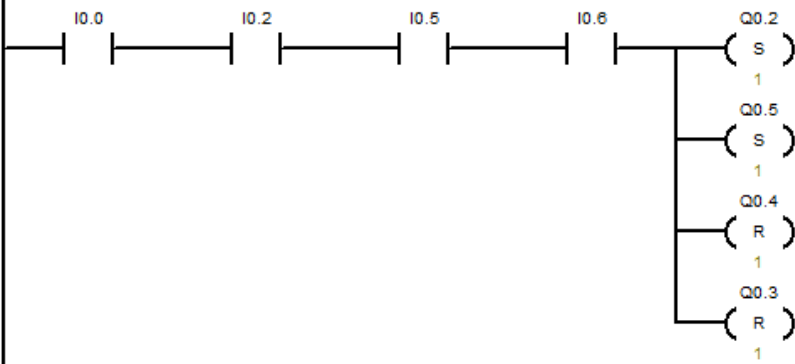
PROGRAM COMMENTS

Network 1 Network Title

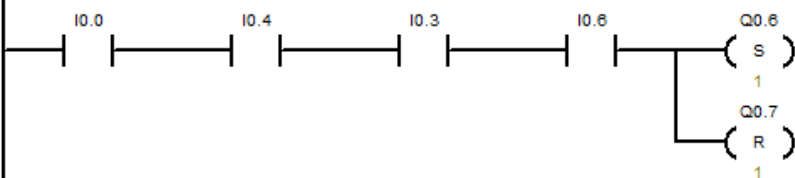
Network Comment



Network 2



Network 3



Де: I-вхід, Q-вихід

4.4 Обробка даних з експерименту

Планування експерименту - це вибір вхідних параметрів (факторів), вихідних параметрів (відгуків) та умов експерименту, необхідних і достатніх для вирішення поставленої задачі з певним ступенем точності.

4.5 Послідовність опрацювання даних з експерименту по установці 1.

Процес обробки даних з експерименту включає в себе:

1. перевірку нормальності розподілення даних дослідження;
2. визначення кількості необхідних вимірів;
3. відбракування результатів даних дослідження.

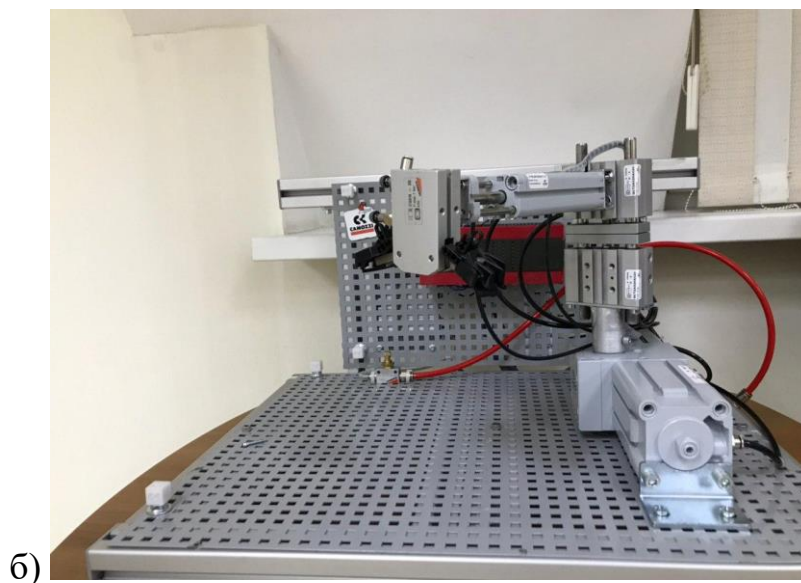


Рис 4.2 Установка моделі робота маніпулятора

Під час проведення експериментів було знайдено оптимальну конструкцію пневматичного захвату для циліндричної упаковки таблеток і сферичних цукерок як об'єктів, що обробляються, за умови запобігання руйнуванню поверхні об'єктів (рис. 4.3).

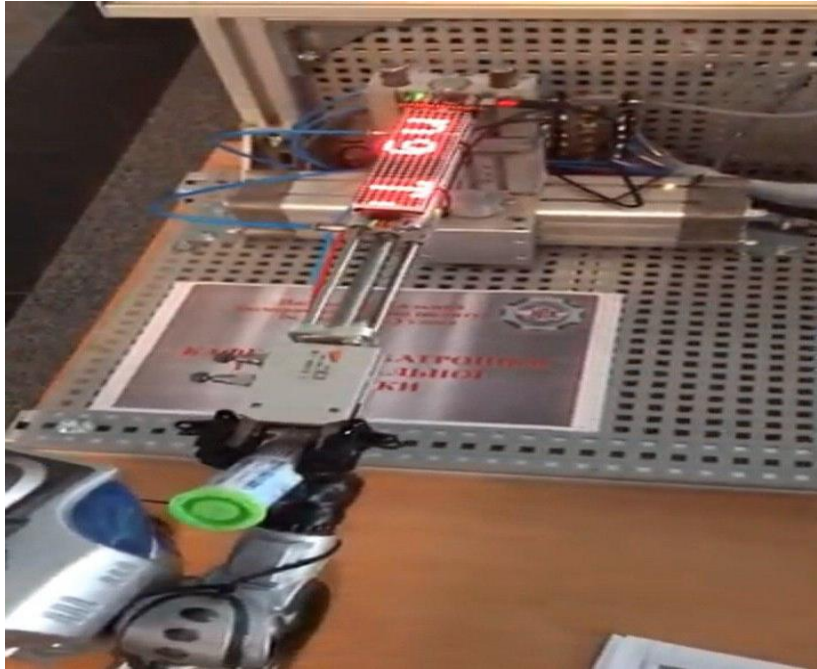
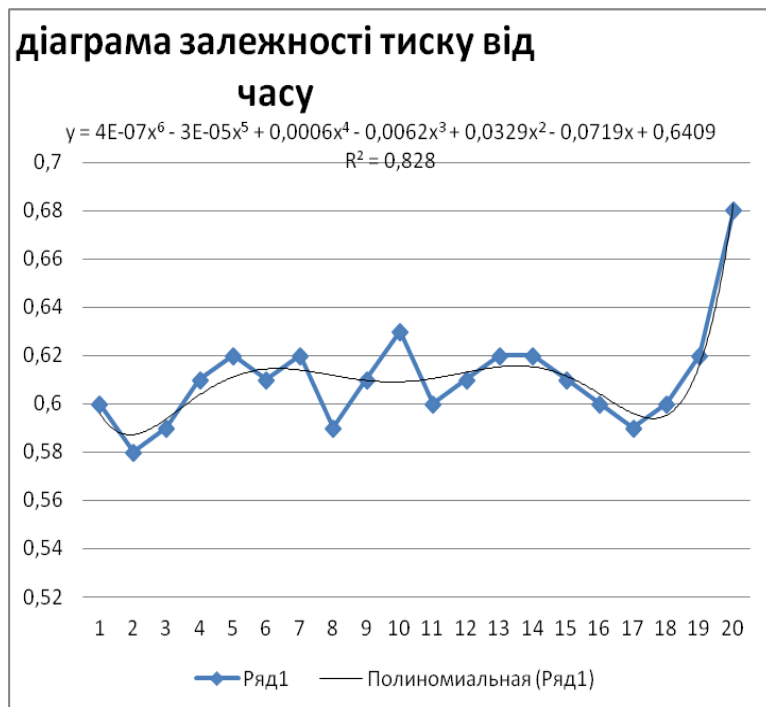


Рис.4.3. Здійснення захвату об'єкта циліндричної форми.

Обробка даних в програмі MS Excel, де складаємо таблицю

Таблиця 4.1. Значення тиску, часу та сили захвату під час досліду

№	Р, Па	t, с
1	0,1	0,6
2	0,101	0,58
3	0,151	0,59
4	0,201	0,61
5	0,251	0,62
6	0,301	0,61
7	0,351	0,62
8	0,401	0,59
9	0,451	0,61
10	0,501	0,63
11	0,551	0,6
12	0,601	0,61
13	0,651	0,62



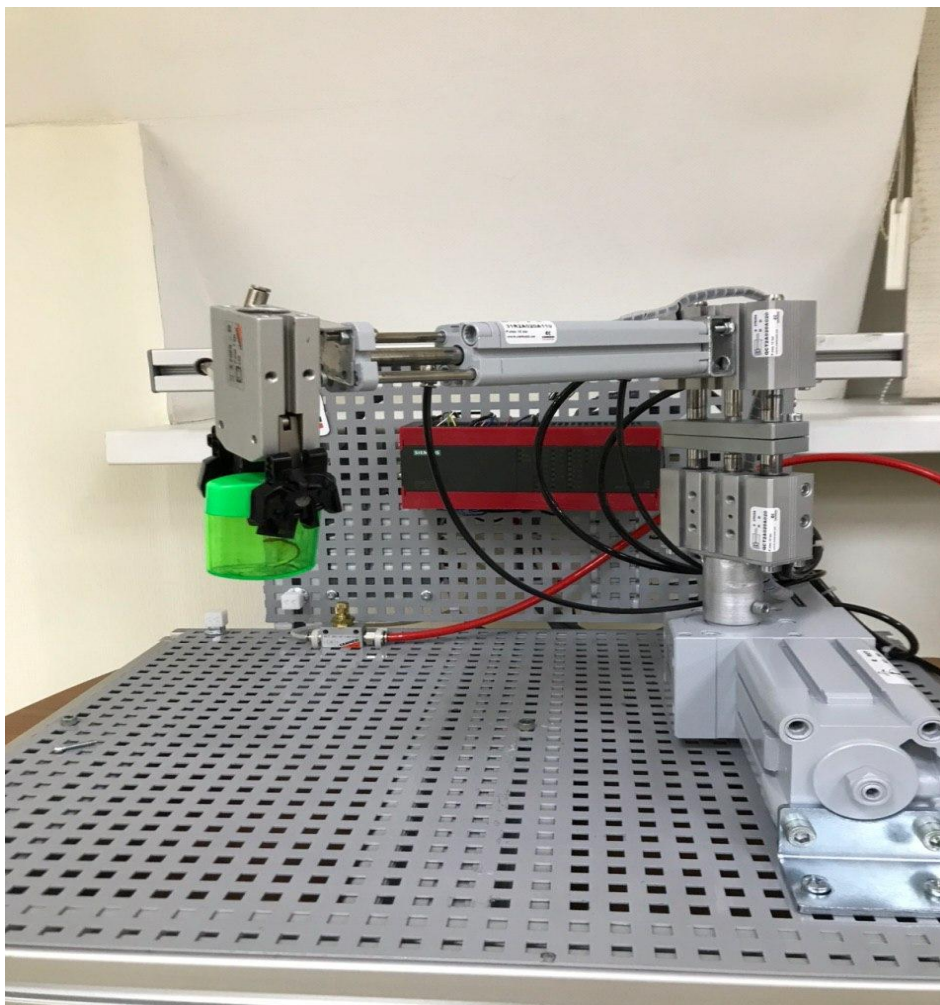
14	0,701	0,62
15	0,751	0,61
16	0,801	0,6
17	0,851	0,59
18	0,901	0,6
19	0,951	0,62
20	1,001	0,68

Рис 4.4 Графіки зміни залежності тиску від часу.

На графіку показано залежність зміни захвату від часу та тиску. Ця крива була отримана в процесі розрахунку.

4.7 послідовність опрацювання даних з експерименту по установці 2

4.8 Дослід по переміщенню округлого об'єкта.



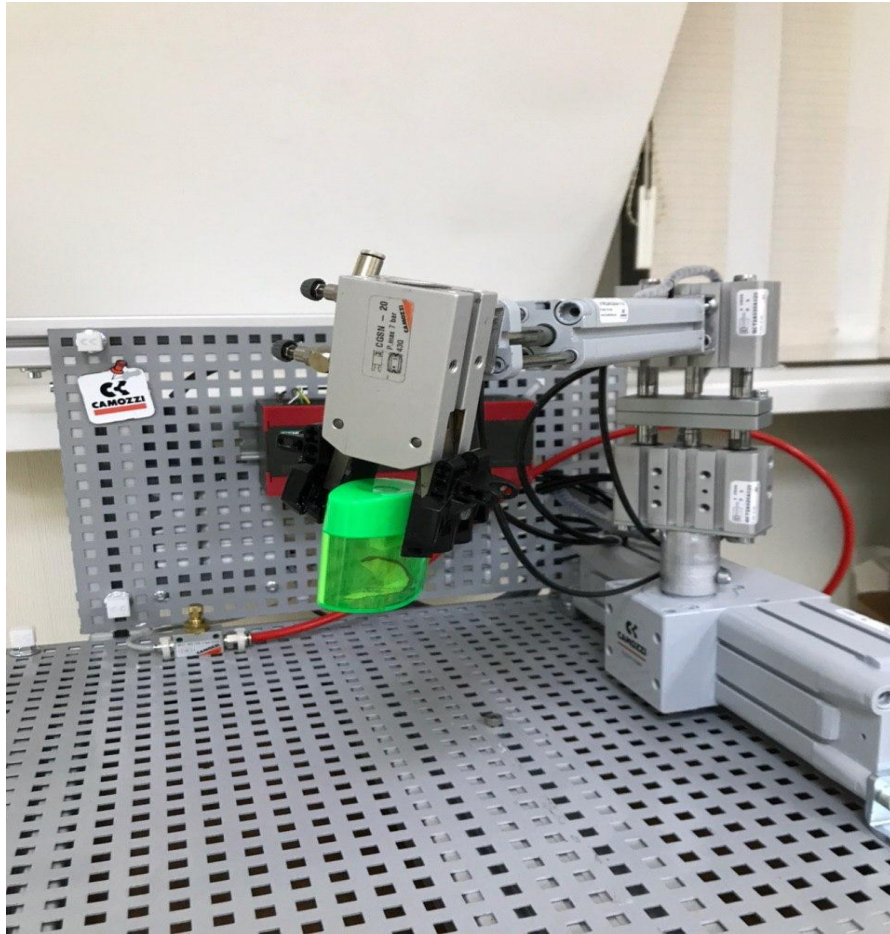


Рис 4.5 Загальний вид експериментального стану РМ.

Було виявлено, що цей метод забезпечує краще зчеплення з об'єктами овальної форми.

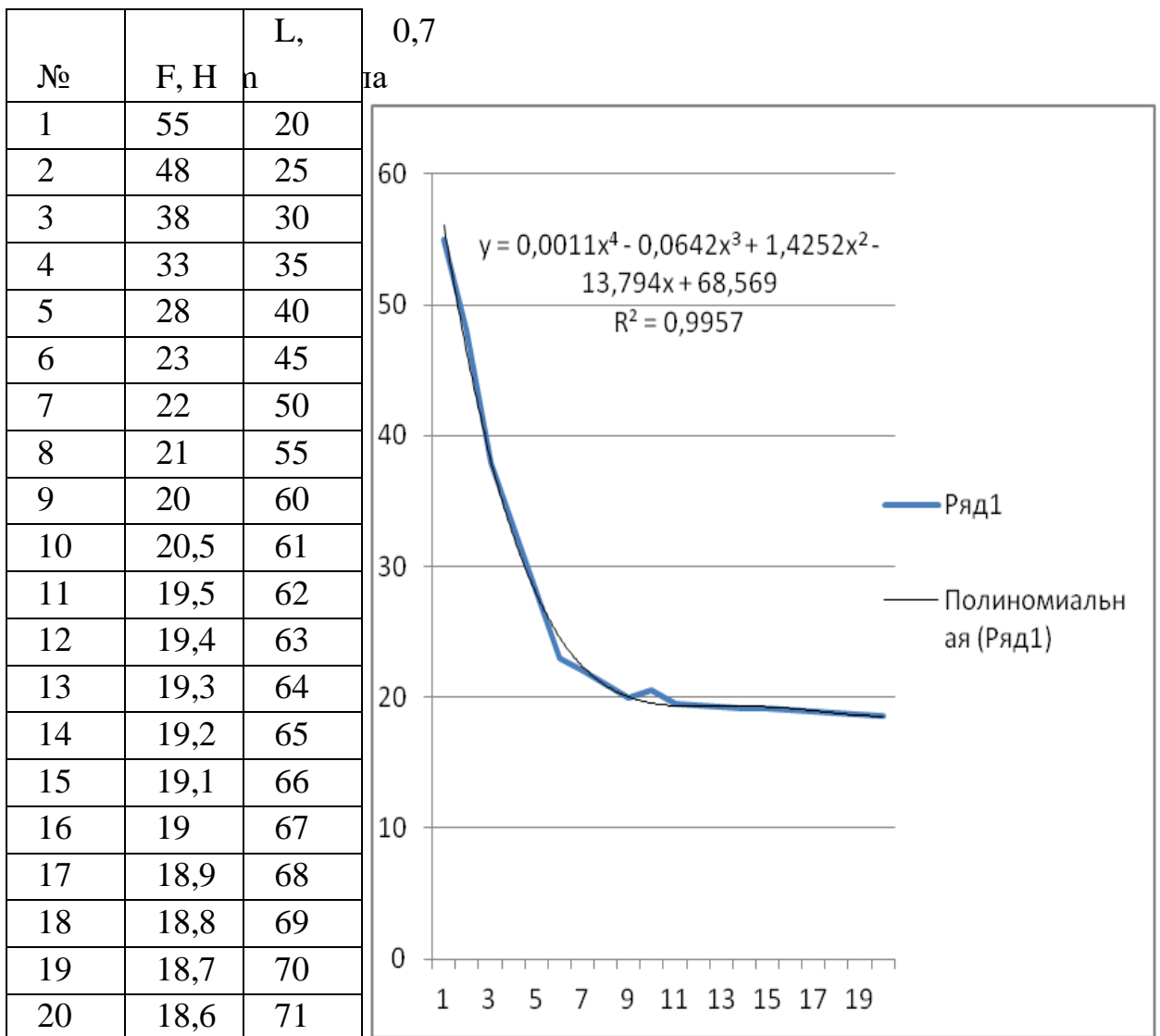


Рис 4.6 Графіки залежності тиску та часу.

Графік залежності зміни тиску від часу був отриманий з Anoklit під час розрахунків.

1.7. Послідовність опрацювання результатів експерименту по установці №2

1.8. Дослід з використанням захвату CGP

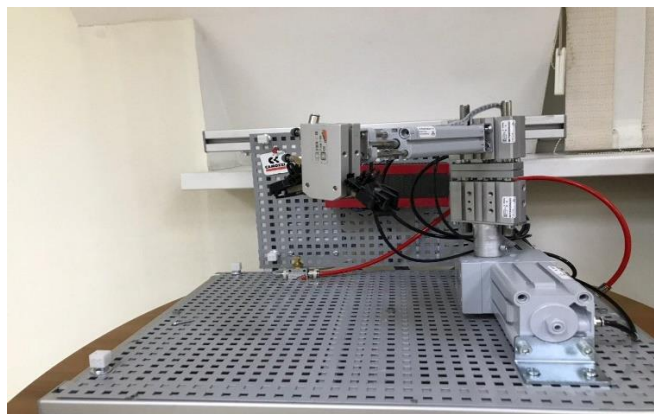


Рис.4.7. Схема установки захвату серії CGP.

Результати експериментів показують, що пневматичні захвати серії CGP є більш ефективними.

Таблиця 4.2. Значення тиску і часу при досліді.

Рис.4.8. Графік залежності тиску від часу.

№	P, Па	t, с
1	0,4	0,8
2	0,401	0,78
3	0,451	0,79
4	0,501	0,81
5	0,551	0,82
6	0,601	0,81
7	0,651	0,82
8	0,701	0,79
9	0,751	0,81
10	0,801	0,83
11	0,851	0,8
12	0,901	0,82
13	0,951	0,82
14	1,001	0,81
15	1,051	0,82
16	1,101	0,81
17	1,151	0,83
18	1,201	0,83
19	1,251	0,85
20	1,301	0,88

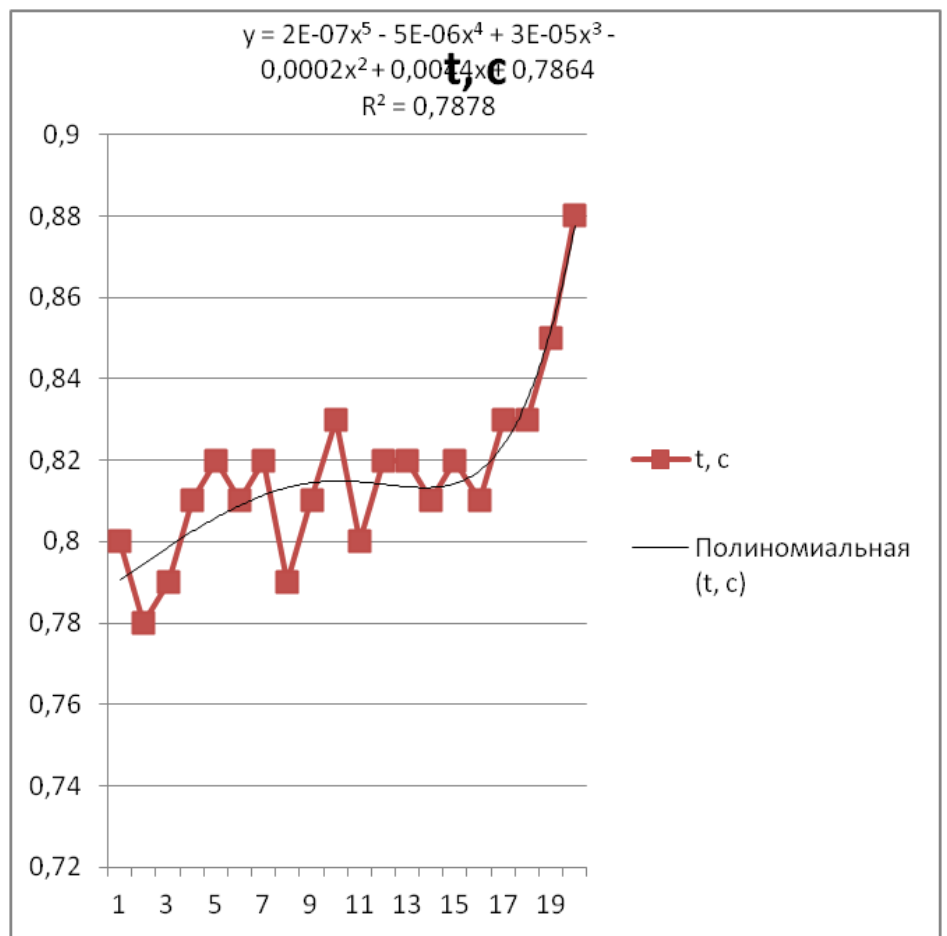
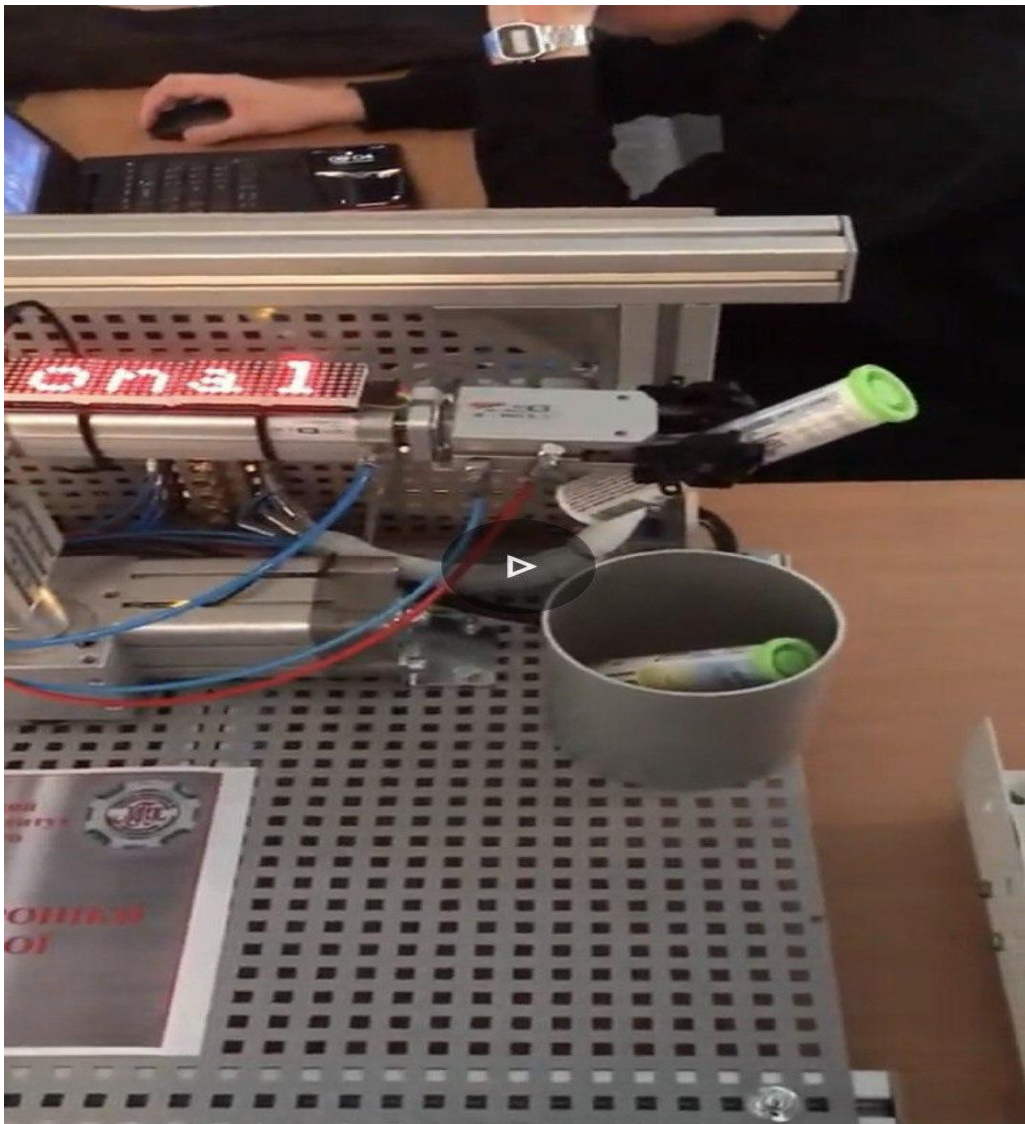


Рис.4.8. Графік залежності тиску від часу.

Дослід з транспортуванням об'єктів



№	F, H n	L,
1	50	20
2	46	25
3	36	30
4	28	35
5	21	40
6	19	45
7	18,5	50
8	18,4	55
9	18,3	60
10	18,2	61
11	18,1	62
12	18	63
13	17,9	64
14	17,8	65
15	17,7	66
16	17,6	67
17	17,5	68
18	17,4	69
19	17,3	70
20	17,2	71

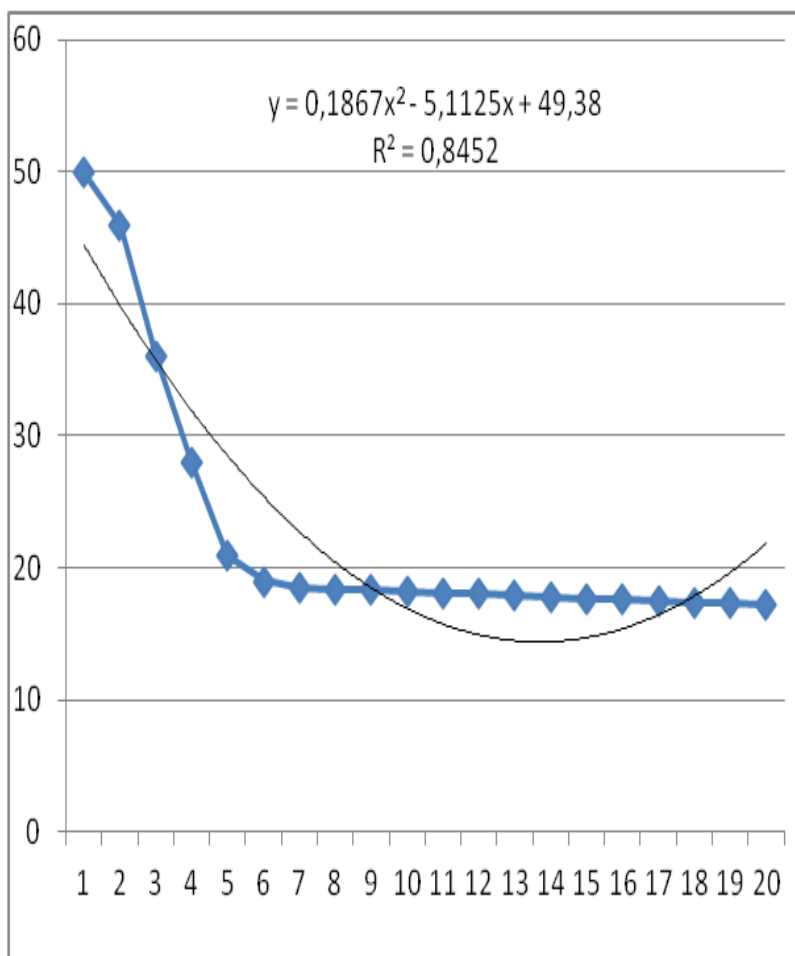


Рис 4.9 Графіки зміни залежності тиску та часу.

Висновок до розділу 4

Тут було проведено два експерименти з двома різними пневматичними захватами, а результати показані графічно, щоб продемонструвати їх ефективність. Експерименти підтвердили, що пневматичні захвати також можуть переносити циліндричні предмети.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Вимоги охорони праці та безпеки під час використання пневматичних інструментів

При використанні пневматичних інструментів ("пневматичні інструменти") Співробітники повинні це забезпечити.

1) робочі частини пневматичних інструментів правильно заточені і не мають пошкодження, тріщини, ямки або задирки.

2) Бічні кромки пневматичних інструментів не гострі.

3) Хвостовик був гладким, без сколів і тріщин, підігнаний за розмірами гільзи, щоб запобігти мимовільному падінню, щільно підігнаний і правильно встановлений. правильно відцентровані. Не використовуйте і не працюйте з підкладками (заклинювання). Не використовуйте підкладки (заклинювання) і не працюйте з пневматичними інструментами, якщо у втулці є люфт. Використовуйте гнучкі шланги для пневматичних інструментів.

Не треба. Використовуйте пошкоджені шланги. З'єднайте шланги пневматичних інструментів між собою і до пневматичного інструменту і з'єднати їх між собою за допомогою ніпелів або фітингів і з'єднувальних хомутів. Не під'єднуйте шланги до пневматичних інструментів і не з'єднуйте їх іншим чином. Там, де шланги з'єднані з пневматичними інструментами та трубопроводами, а також Не повинно бути витоків на з'єднаннях шлангів, не тільки на Перед підключенням шлангів до пневматичних інструментів, повітряні лінії перед підключенням шланга до пневматичного інструменту необхідно продути, а після підключення шланга до лінії шланг також необхідно продути після підключення шланга до лінії. Під час продувки вільний кінець шланга повинен бути під охороною. Пневматичні інструменти повинні бути підключені до шланга після промивання.

Підключіть шланг до повітропроводу, як у випадку з пневматичними інструментами.

Від'єднання шланга повинно виконуватися при закритому запірному клапані. Завжди розташовуйте шланг з урахуванням можливості випадкове пошкодження або наїзд транспортного засобу.

Не розтягуйте шланг. Забороняється згинати шланги пневматичного інструменту під час роботи. Не треба. Перехресуйте кабелі, троси або шланги зі шлангами. Виконати газове зварювання. Подавати повітря в пневматичний інструмент тільки після того, як інструмент знаходиться в робочому положенні. Пневматичні інструменти дозволяється використовувати тільки в

тому випадку, якщо Робота на холостому ході дозволяється тільки після перевірки перед запуском перед початком роботи. Під час роботи з пневматичними інструментами заборонено палити.

1) Робота з телескопічних драбин і сходів.

2) Тримайте робочі частини пневматичних інструментів.

3) Виправляти, регулювати або замінювати робочу частину пневматичного інструменту під час роботи, якщо в шлангу знаходиться стиснене повітря.

4) Використовуйте шланг або робочу частину для перенесення пневматичного інструменту. Пневматичні інструменти слід переносити тільки за ручку.

5) Працювати з ударними пневматичними інструментами без пристрою, що запобігає мимовільному вильоту робочих частин у разі непов'язаного удару.

У разі розриву шланга негайно закрийте запірний клапан і припиніть подачу стисненого повітря до пневматичного інструменту. Працівники, призначені роботодавцем відповідальними за утримання пневматичних інструментів у справному стані, зобов'язані не рідше одного разу на шість місяців, незалежно від їх стану та умов використання, розбирати пневматичні інструменти, очищати деталі, змащувати та оливати лопаті, що обертаються, а також замінювати пошкоджені або зношені деталі, виявлені під час огляду, новими. Пневматичні інструменти необхідно розбирати принаймні раз на місяць. Після складання пневматичного інструменту необхідно відрегулювати частоту обертання шпинделя відповідно до технічної документації виробника та перевірити його під тиском пневматики протягом щонайменше 10 хвилин. Результати перевірки повинні бути зафіксовані в журналі. Під час використання пневматичного інструменту необхідно затягнути кріплення, якщо це необхідно. Після закінчення роботи пневматичні інструменти необхідно очистити і повернути на склад.

5.2. Правила безпечної роботи з роботом маніпулятором на виробництві

Визначення промислового робота (ПР): автоматичний маніпулятор, що виконує перепрограмовані рухи в просторі, багатофункціональний, здатний переміщати і орієнтувати матеріали, деталі, інструменти або спеціальні пристрої в ході різних рухів, призначених для досягнення різних цілей, що складається з однієї або декількох рук, наконечники яких оснащені ручками. Система управління ПР включає в себе запам'ятовуючий пристрій і, при необхідності, пристрій для сприйняття різної інформації про умови

навколишнього середовища з метою адаптації. Ці багатофункціональні пристрої призначені для виконання заданої функції, переважно у вигляді повторюваних циклів, і можуть бути переналаштовані на виконання інших функцій без суттєвих змін у пристрої. Основними причинами формування небезпечних, критичних або аварійних ситуацій під час експлуатації ПР є 1. несподіваний рух виконавчих механізмів промислового робота під час налаштування, ремонту, навчання або виконання програми керування 2. раптовий вихід з ладу промислового робота або технічного обладнання, на якому він працює. 3. неправильні (ненавмисні) дії оператора або наладчика при налагодженні або ремонті під час автоматичної роботи. 4. доступ людини до робочого простору робота, що виконує програму. 5. порушення умов експлуатації промислового робота або робототехнічного комплексу. 6. недотримання вимог ергономіки та охорони праці при плануванні роботизованих технологічних комплексів та майданчиків (технічне обладнання, промислові роботи, пульти управління, вантажно-розвантажувальне обладнання, приводи, контейнери, транспортні засоби та інші технічні засоби розміщення). На питання безпеки впливає велика кількість ступенів мобільності, різноманітність напрямків руху та різноманітність швидкостей. Варто відзначити основні види небезпеки для здоров'я і життя людини, яка працює: механічні пошкодження, електричні пошкодження, опіки, хімічні пошкодження тощо. Безпека повинна враховуватися на етапі проектування затискачів, кронштейнів, з'єднань і т.д., і особливо важлива, коли рухомі маси і швидкості великі. Повинні бути передбачені спеціальні гальмівні пристрої (демпфірування в умовах значних змін навантаження, спеціальні засоби для вирівнювання рухомих мас при значних динамічних навантаженнях). Спеціальні діагностичні інструменти та алгоритми повинні бути інтегровані в систему програмування та управління. Для забезпечення безпеки необхідні механічні заходи захисту, такі як огороження робочої зони РТ, використання спеціальних датчиків для виявлення напрямку і наявності сторонніх предметів в робочій зоні, корозійно-стійкі покриття на електричних кабелях і ущільнення штекерних з'єднувачів. Крім того, аналіз роботи ПР у складі автоматизованої лінії повинен виявити наступне

5.3. Приписи спеціалістів служби ОП

Відділ охорони праці та промислової безпеки відповідає за безпеку всіх видів робіт, що проводяться в компанії, а інженери з охорони праці та промислової безпеки мають право зупиняти роботи, що виконуються з порушенням вимог інструкцій з охорони праці та промислової безпеки. При

цьому вони видають приписи, в яких вказують характер порушення і термін його усунення. Якщо особа, яка отримує ці накази, нехтує їхніми вимогами, вона підлягає дисциплінарній відповідальності, матеріальній відповідальності, а в особливо тяжких випадках - кримінальній відповідальності. Накази повинні включати в себе. - Характер виявлених порушень нормативних актів, інструкцій з техніки безпеки та охорони праці. - Посилання на документацію порушених норм. - Період часу, протягом якого порушення має бути усунене. - Особа, відповідальна за усунення виявлених порушень. Наказ видається керівнику робіт і робиться у двох примірниках, один з яких передається особі під підпис. Якщо керівник робіт відмовляє у виконанні наказу, він повинен зробити про це письмову заяву або написати на наказі "у виконанні наказу відмовлено". Якщо керівник відмовляється виконувати наказ, він все одно зобов'язаний зупинити роботу і усунути виявлене порушення. Інспектор може вимагати проведення позапланового інструктажу щодо будь-якої інструкції з охорони праці, яка порушує вимоги. Як тільки порушення буде усунуто, відповідальна особа повинна письмово повідомити про це відділ HSE; після того, як інженер з HSE підтвердить, що необхідні заходи були вжиті, а замовлення на поставку буде відповідним чином позначено (+ дата, підпис), роботи можуть продовжуватися. Бланк замовлення зберігається у відділі HSE. Процедури зберігання у відділі організації встановлюються самостійно. Наприклад, інформація про видані приписи (характер порушення, термін відсторонення, відповідальна особа) може бути внесена до протоколу перевірки стану охорони праці. Відповідно до Закону про трудові стандарти, якщо кількість працівників становить 50 і більше осіб, роботодавець зобов'язаний створити посаду інженера з охорони праці або забезпечити роботу всієї служби. Якщо кількість працівників невелика, роботодавці мають право - Ввести посаду інженера з охорони праці або створити відповідну службу. - виконувати цю роботу самостійно. - покладіть ці обов'язки на інших працівників (які повинні пройти навчання з охорони праці відповідно до професійних стандартів). - залучає стороннього експерта для виконання роботи. У цьому випадку роботодавець самостійно визначає час, виділений інженеру з охорони праці для виконання роботи, і фіксує його в штатному розкладі. Таким чином, технічним спеціалістам з охорони праці не забороняється працювати неповний робочий день, тиждень або неповний робочий тиждень. Залежно від змісту та тривалості інструктаж поділяють на вступний, перший на робочому місці, повторний, нерегулярний та цільовий. Вступний інструктаж з питань охорони праці повинен проводитися з усіма новоприйнятими працівниками, тимчасовими працівниками, відрядженими працівниками, учнями, які прибули на

виробниче навчання або виробничу практику, а також учнями, які проходять виробничу практику, незалежно від їхньої освіти та стажу роботи за професією або посадою. Теми досліджень можуть включати наступне - Дослідження умов праці. - Акредитація закладів. - Експертиза умов праці. - Аналіз поранень. - Підготовка різноманітних рекомендацій, інструкцій з охорони праці тощо. - Вирішення конкретних питань. - Обґрунтування параметрів безпеки. - Аналіз альтернатив. Ця діяльність здійснюється на договірній основі. Очікувані результати реалізації програми включають - Кількість людей з покращеними умовами праці. - зменшення кількості людей, які мають працювати. - Користь для здоров'я від лікування та профілактики. - сума економічних збитків, яким вдалося запобігти нещасним випадкам та захворюваності. Вся інформація про хід виконання запланованих заходів має надаватися директору програми, який здійснює щоденний контроль за їх реалізацією. При проведенні заходів з інформування громадськості з питань охорони праці в промисловості особливу увагу необхідно приділяти стратегічному напрямку політики у сфері охорони праці, забезпечуючи пріоритетність життя та здоров'я працівників над результатами виробничої діяльності. Для того, щоб ця стратегія була успішною, організація охорони праці на підприємствах повинна відповідати наступним принципам - Обов'язкове врахування питань охорони праці в усіх виробничих питаннях і на всіх рівнях управління. Це означає, що правила охорони праці повинні дотримуватися і впроваджуватися на всіх етапах - від проектування, будівництва та експлуатації до випуску продукції. - Відповідальність кожного керівника, від роботодавця до керівника робіт, за охорону праці на підприємстві (організації). Функціональні обов'язки, юридичні права та відповідальність кожного керівника (посадової особи) щодо охорони праці мають бути чітко прописані в посадових інструкціях та інших документах (положеннях, наказах тощо)

ВИСНОВКИ

В данній роботі було розробку функціонального мехатронного модуля, який досягнув мети обчислення математичних задач в інженерних програмах. Дослідження мехатронних модулів довело, що пневматичні механізми є енергозберігаючими, можуть реалізовувати різні алгоритми виконання технічних процесів, легко змінюються та можуть виконувати будь-які функції з точки зору: транспортування, складання, пакування тощо.

Дані розрахунки і методи підтверджують, що автоматичний режим, який можна повторювати n разів, простий в управлінні і може бути легко налаштований відповідно до типу і форми матеріалу, що транспортується, при цьому знижуючи енергоспоживання.

Серія досліджень, представлених у цій статті, дозволила розробити наукове обґрунтування для визначення раціональних значень кінематичних, часових та динамічних параметрів роботів-маніпуляторів у харчовому виробництві.

Після серії експериментів, оброблених у спосіб, описаний у розділі 4, було проведено валідацію між експериментальними та теоретичними моделями.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Методика интегрирования функциональных мехатронных модулей в упаковочные машины / А. Н. Гавва, Л.А. Кривопляс-Володина // Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве : материалы Международной научно-практической конференции, Минск, 24-25 октября 2019 г. : в 2 ч. Ч. 1. - Минск : БГАТУ, 2019. - С. 304-307.
2. Соколенко, А.І. Енергетика піднімання вантажів у пакувальному обладнанні / А.І. Соколенко, М.М. Хваста, І.Ф. Максименко, К.В. Васильківський // Упаковка. – 2010. – № 5. – С. 44–45.
3. Гавва, А. Н. Механодинамическая модель асинхронного двигателя в мехатронных модулях / А. Н. Гавва, Л. А. Кривопляс-Володина, Т. Т. Гнатив // Наука – образованию, производству, экономике : материалы 15-й Международной научно-технической конференции. - Минск : БНТУ, 2017. - Т. 4. - С. 505-506.
4. Соколенко, А.И. Технологии фасования / А.И. Соколенко, В.А. Поддубный, Р.Н. Леус, М.М. Хваста // Научно-аналитическое издание "Технологии и инновации". – 2011. – № 5. – С. 75–76
5. Соколенко, А.І. Кінематика і динаміка пакувального обладнання із системами пасивних елементів / А.І. Соколенко, С.А. Бут, М.М. Хваста, К.В. Васильківський // Упаковка. – 2010. – № 3. – С. 38–41.
5. D. Alimisis, "Educational Robotics: Open Questions and New Challenges," Themes in Science Technology Education, vol. 6, pp. 63–71, 2013.
6. A. F. da Silva, "RoboEduc: A Methodology for Learning with Educational Robotics," Doctoral thesis, Federal University of Rio Grande do Norte, Natal-RN, 2009.
7. B. Denis, S. Hubert, "Collaborative learning in an educational robotics environment," Computers in Human Behavior, vol. 17, pp. 465–480, 2001.
8. E. R. Halverson, K. Sheridan, "The Maker Movement in Education. Harvard Educational," vol. 84, No. 4, pp. 495–504, 2014.
9. A. M. Santana et al. "Lite Maker: A mobile Fab Lab for hands-on activities with students of basic education," Proceedings of the Workshop on Computing at school. vol. 22. n.1, pp. 211–220, 2016.
10. P. Corke, B. Noble, "Robotics, Vision and Control, Fundamental Algorithms in Matlab"; Springer, Edition 2, pp. 137–217, 2013.
11. B. Siciliano, L. Sciavicco, L. Villani, G. Oriolo "Robotics, Modelling, Planning and Control"; Springer, pp. 39–81, 2009.
12. Quanser Innovate Educate. "2 DOF SERIAL FLEXIBLE JOINT". Available in: < <https://www.quanser.com> >. [Accessed on June 2021].

13. Wolfram Alpha MathWorld. "Heart Curve". Available in: < [http : //mathworld.wolfram.com/HeartCurve.html](http://mathworld.wolfram.com/HeartCurve.html) >. [Acessed on June 2021].
14. Robotis e-manual. "AX-12A". Available in: < [http : //manual.robotis.com/docs/en/dxl/ax/ax – 12a/](http://manual.robotis.com/docs/en/dxl/ax/ax-12a/) >. [Acessed on June 2021].
15. User Manual. "Nema 17 Planetary Geared Stepper Motor". Available in:< [http : //www.omc – stepperonline.com/](http://www.omc-stepperonline.com/) >. [Acessed on September 2021].
16. C Bauckhage, G Sayerer (2001): An integrated system for cooperative man-machine interaction; IEEE Int. Symposium in Computational Intelligence in Robotics and Automation, pp328-333, Banff, Canada.
17. SA Robotics (2008): remote and robotic manipulators; Hazardous and Radioactive Containment Structures and Gloveboxes; <http://powertechnology.com/contractors/powerplantequip/sarobotic> Robotworx (1999): <Http://robots.com/faq.php?question=robopt+manipulator>.
18. E Rome, J Hertzberg (2006): Towards Affordance-based Robot Control; International Conference and Research Centre for Computer Science Seminar 06231, June 5-9, Schloss Dagstuhl, Germany.
19. E Acar, H Choset (2002): Sensor-based coverage of unknown environments; International Journal of Robotic Research, July 1, Vol.21 no. 4 pp. 345-366.
20. Y Nasai, S Morita (2003): A Constructive model for the development of joint attention; Connection Science, Vol.15, no.4 pp. 211-229.
21. F.A. Marian and H.T. Rowan (1987): The Cost-Benefit of Robotic Devices in Nuclear Power Plants; Public Service Electric and Gas Company.
22. Anonymous (1990): Robots deliver real benefits for PSE&G; Nuclear Engineering International, vol.35, No.435, pp.120-121.
23. RC Bollies (1975): Verification vision within a Programmable Assembly System; Proceedings of the 5th International Joint Conference on Artificial Intelligence, August 22-25, Vol.2, pp/569-575, San Francisco, California, USA.
24. IE Weiss, AC Sanderson (1987): Dynamic Sensor-based control of Robots with visual feedback; IEEE Journal of Robotics and Automation, Vol.3, No5, pp404-417.
25. D. Howe, N Popp, MR Cutkosky (1990): Grasping, Manipulation and Control with tactile sensing; IEEE International Workshop on Intelligent Motion Control, August 20- 22, Istanbul, pp.1258-1264.
26. G.S. Bell, W.J. Wilson, and C.C.W.Hulls (1996): Relative end-effector control using cartesian position based visual servoing; IEEE Transactions on Robotics and Automation, Vol.12, No.5, pp 684-696.

27. D. E. Koditschek, A. A. Rizzi (1996): An active visual estimator for dexterous manipulation; IEEE Transactions on Robotics and Automation, Vol.12, No.5, pp.697-713.
28. Рентюк В. Человек + робот + искусственный интеллект: BionicWorkplace от компании Festo // Control Engineering IoT. 2018.
29. BionicSoft Hand Pneumatic robot hand with artificial intelligence. www.festo.com/net/SupportPortal/Files/597078/Festo_BionicSoft_Hand_en.pdf.
30. Faix V., Lückfeldt S., Ostertag A. Pneumatic robotics meets artificial intelligence. Bionic projects 2019.
31. Артемьева, Т.В. Гидравлика, гидромашины и гидропневмопривод: Учебник / Т.В.Артемьева, Т.М.Лысенко, А.Н.Румянцева,С.П.Стесин. – М.: Академия, 2014. – 352 с.
32. Богданов, М.Р. Применения GPS/ГЛОНАСС: учеб. пособие/М.Р. Богданов. - МО., ИД «Интеллект». 2012. – 136 с.
33. Булгаков А.Г., Воробьев В.А. и др. Автоматизация и роботизация строительства. М.:РИА. 2006, - 750 с. в 2-х томах.
34. Булгаков, А.Г. Автоматизация и роботизация строительных процессов и производств: монография Ч2 /А.Г. Булгаков, В.А. Воробьев, С.И. Евтушенко и др.- М.: Изд-во Российской инженерной академии, 2006. – 430 с.
35. Сафонов, Ю.М. Электроприводы промышленных роботов: учебное пособие/ Ю.М. Сафонов. - М.: Энергоатомиздат, 1990 - 177 с.
36. Устройства управления роботами. Схемотехника и программирование. Предко М.(пер. с англ). ДМК Пресс. - 2005. - 404 с.
37. Шахворостов, С.А. Роботизация и дистанционное управление дорожно-строительными агрегатами: учеб. пособие/ С.А. Шахворостов. – М.,МАДИ. 1991,- 84 с.
38. Шахворостов, С.А. Основы автоматизации: учебн. пособие/ С.А. Шахворостов. – М.: МАДИ, 2004. - 101 с.
39. Шахворостов, С.А.Технические средства автоматизации: учеб. пособие/ С.А. Шахворостов. – М.: МАДИ, 2011. - 109 с.
40. . Юревич Е. И. Основы робототехники. - 2-е изд., перераб. И доп. - СПб.: БХВ-Петербург, 2005. - 416 с.

ЗАТВЕРДЖУЮ
Начальник ділянки готової продукції
ТОВ "ВП "ДНПРОПЛАСТАВТОМАТ"
Гора-Горовський А.В.
 « 10 » листопада 2021 р.

АКТ
 про впровадження у виробництво результатів
 наукової роботи
 «Синтез адаптивної мехатронної системи для пневмотранспортування сипких продуктів»,
 яка виконана магістрантами кафедри мехатроніки та пакувальної техніки
 Національного університету харчових технологій
 – Багдасаряном Давидом Арменовичем та Козіком Денисом Олександровичем

Наукова робота виконана в Національному університеті харчових технологій на протязі 2021р. у рамках пріоритетних напрямків наукових робіт: наказу Міністерства освіти і науки України від 05.11.2021 р. № 1179 «Про проведення Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей у 2021/2022 навчальному році» та відповідно до Положення про Всеукраїнський конкурс студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей, затвердженого наказом Міністерства освіти і науки України від 18.04.2017 № 605, зареєстрованого у Міністерстві юстиції України 15.05.2017 за № 620/30488 з метою підтримки обдарованої студентської молоді та створення умов для її творчого зростання, кафедри мехатроніки та пакувальної техніки.

Ми, що підписалися нижче, представники ТОВ «ВП» «ДНПРОСТАТАВТОМАТ»:

- провідний інженер технічної підтримки – Задачін А.А.;
- відповідальні виконавці – Багдасарян Д.А., Козік Д.О.; склали цей акт про те, що результати моделювання щодо впливу місцевих опорів на підвищення питомих втрат тиску використані;
- під час упаковки цукрового піску в технологічному контурі застосовано трубопровідний пневмотранспортер для підвищення коефіцієнта рівномірності розподілу сипких харчових продуктів у продуктопроводі;

Результати дослідження показали, що використання розробленої моделі дозволяє врахувати швидкості і контролювати тиск на вході в продуктопровід.
 Очікуваний економічний ефект від впровадження складає 10 тис. грн. на рік.

Виконавець
 магістрант кафедри мехатроніки та
 пакувальної техніки

_____ Багдасарян Д.А.
 _____ Козік Д.О.

Представник
 ТОВ «ВП» «ДНПРОСТАТАВТОМАТ»



ЗАТВЕРДЖУЮ
Начальник ділянки готової продукції
ТОВ "ВП "ДНПРОПЛАСТАВТОМАТ"
Гора-Горовський А.В.
 « 26 » 2021 р.

АКТ
 про впровадження у виробництво
 результатів наукової роботи
 «Підвищення ефективності роботи функціонального мехатронного модуля для рідких
 харчових продуктів»,
 яка виконана магістрантом кафедри мехатроніки та пакувальної техніки
 Національного університету харчових технологій
 – Козіком Денисом Олександровичем

Наукова робота виконана в Національному університеті харчових технологій на протязі 2021р. у рамках пріоритетних напрямків наукових робіт: наказу Міністерства освіти і науки України від 05.11.2021 р. № 1179 «Про проведення Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей у 2021/2022 навчальному році» та відповідно до Положення про Всеукраїнський конкурс студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей, затвердженого наказом Міністерства освіти і науки України від 18.04.2017 № 605, зареєстрованого у Міністерстві юстиції України 15.05.2017 за № 620/30488 з метою підтримки обдарованої студентської молоді та створення умов для її творчого зростання, кафедри мехатроніки та пакувальної техніки.

Ми, що підписалися нижче, представники ТОВ «ВП» «ДНПРОСТАТАВТОМАТ»:

- провідний інженер технічної підтримки – Задачін А.А.;
- відповідальний виконавець – Козік Д.О.;

склали цей акт про те, що результати моделювання роботи сідельно-регулюючого клапану із електропневматичним позиційним приводом методом математичного моделювання, використані:

- під час упаковки згущеного молока в технологічному контурі застосовано сідельно-регулюючий клапан із позиційним пневмоприводом для регулювання рівня залишків продукту на етапі дозування та фасування у споживчу тару;

Результатом впровадження є підвищення ефективності регулювання витратних характеристик і висока точність налаштування.

Очікуваний економічний ефект від впровадження складає 10 тис. грн. на рік.

Виконавець
 магістрант кафедри мехатроніки та
 пакувальної техніки


 _____ Козік Д.О.

Представник
 ТОВ «ВП» «ДНПРОСТАТАВТОМАТ»


 _____ Задачін А.А.


SCI-CONF.COM.UA

RESULTS OF MODERN SCIENTIFIC RESEARCH AND DEVELOPMENT



**PROCEEDINGS OF XI INTERNATIONAL
SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE
JANUARY 16-18, 2022**

**MADRID
2022**



editor@inter-nauka.com
Языки:
Полезная информация
Вопрос-ответ (FAQ)
Отзывы
Блог

[Главная](#) • [Научные журналы](#) • [Конференции](#) • [Монографии](#) • [Услуги](#) • [Архив](#) • [О нас](#) • [Присвоение DOI](#)

Издание научных публикаций / Публикации / Научный журнал "Интернаука" (2022 год) / Выпуск №1 (Январь)

■ Выпуск №1 (Январь)

<https://doi.org/10.25313/2520-2057-2022-1>

■ Научный журнал "Интернаука" (2022 год)

➤ Выпуск №1 (Январь)

■ Научный журнал "Интернаука" (2021 год)

■ Научный журнал "Интернаука" (2020 год)

■ Научный журнал "Интернаука" (2019 год)

■ Научный журнал "Интернаука" (2018 год)

■ Научный журнал "Интернаука", Серия: "Экономические науки" (2022 год)

DEVELOPMENT OF A MECHATRONIC MODULE FOR PNEUMATIC CONVEYING OF SMALL-PIECE MATERIALS

■ Багдасарян Давид Ариенович

■ Козик Денис Александрович

■ Кривошлас-Володина Людмила Александровна

Bahdasarian D., Kozik D., Kryvoplas-Volodina L. Development of a mechatronic module for pneumatic conveying of small-piece materials // International scientific journal "Internauka". – 2022. – №1.

Отрасль науки: Технические науки

📖 Читать online

📄 Скачать статью (pdf)

ХАРАКТЕРИСТИКА, АССОРТИМЕНТ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ БЫТОВЫХ ИЗДЕЛИЙ В СУДЕБНОЙ ТОВАРОВЕДЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЕ

■ Ефименко Олеся Владимировна

■ Сафонова Татьяна Валерьевна

Ефименко О. В., Сафонова Т. В. Характеристики, асортимент та оцінка якості металевих побутових виробів в судовій товарознавчій експертизі // Міжнародний науковий журнал "Інтернаука", – 2022. – №1.



CERTIFICATE OF THE WINNER

This is to certify that
Denys Kozik



was awarded the 3rd place

IN THE FIELD OF «FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGIES»
in the International Competition of Student Scientific Works
«BLACK SEA SCIENCE 2022»

ORGANIZED BY
**ODESSA NATIONAL ACADEMY OF FOOD TECHNOLOGIES,
ODESSA, UKRAINE**

H. Stepanova
Secretary of the jury

BSS-2022.1.19

I. Solonytska
Head of the jury



Prof. B. Iegorov
Head of the organizing committee
Rector of ONAFT

CERTIFICATE

is awarded to

Bahdasarian Davyd

for being an active participant in

XI International Scientific and Practical Conference

**“RESULTS OF MODERN SCIENTIFIC
RESEARCH AND DEVELOPMENT”**

24 Hours of Participation

(0,8 ECTS credits)

MADRID

16-18 January 2022



sci-conf.com.ua

