

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет транспорту та механічної інженерії

(повне найменування факультету)

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

(повна найменування кафедри)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»
ПРОЕКТУВАННЯ РОБОТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ
АВТОМАТИЧНОЇ ПОДАЧІ КІЛЕЦЬ
ПІДШИПНИКІВ В ПРОЦЕСІ РОЗКАТКИ ТА
ГАРТУВАННЯ НА ПрАТ «СКФ Україна»**

спеціальність 131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Прикладна механіка»

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти

Групи: ІМ-41

Троцюк Антоній Ігорович

(підпис)

Керівник:

к.т.н., доцент

Придальний Борис Іванович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу

допущено до захисту

«__» _____ 2023 р.

к.т.н., доцент

Гарант освітньої програми:

Божко Тетяна Євгенівна

(підпис)

Луцьк – 2023 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет транспорту та механічної інженерії

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Галузь знань: 13 Механічна інженерія

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Освітня програма: «Прикладна механіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Редько Р.Г.

«___» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Троцюк Антоній Ігорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Проектування роботизованої системи

автоматичної подачі кілець підшипників в процесі розкатки та гартування на

ПрАТ «СКФ Україна»

Керівник роботи: Придальний Борис Іванович, .к.т.н., доцент кафедри ПМіМ

затверджені наказом вищого навчального закладу від « 28 » грудня 2022 р. № 986/01-02

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи «01» червня 2023 р.

3. Вихідні дані до роботи Технологічний процес виготовлення кілець підшипників

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити):

Вступ. Розділ 1. Загальна частина. 2. Технологічна частина. Розділ 3. Конструкторська частина. Розділ 4. Охорона праці. Висновки і пропозиції.

Список використаних джерел.

Додатки.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

5 листів формату А1

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання «29» листопада 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Обґрунтування теми</i>	<i>06.12.2023р.</i>	06.12.2022
2.	<i>Розділ 1</i>	<i>20.12.2022р.</i>	14.02.2023
3.	<i>Розділ 2</i>	<i>14.01.2023р.</i>	28.02.2023
4.	<i>Розділ 3</i>	<i>11.02.2023р.</i>	14.03.2023
5.	<i>Розділ 4</i>	<i>11.03.2023р.</i>	28.03.2023
6.	<i>Розділ 5</i>	<i>08.04.2023р.</i>	18.04.2023
7.	<i>Висновки та пропозиції</i>	<i>22.04.2023р.</i>	09.05.2023
8.	<i>Формування списку використаних джерел</i>	<i>06.05.2023р.</i>	09.05.2023
9.	<i>Формування додатків</i>	<i>13.05.2023р.</i>	18.05.2023
10.	<i>Оформлення ілюстративного матеріалу</i>	<i>27.05.2023р.</i>	24.05.2023
11.	<i>Нормоконтроль</i>	<i>01.06.2023р.</i>	26.05.2023
12.	<i>Інструментальна перевірка на академічний планіат</i>		29.05.2023
13.	<i>Представлення кваліфікаційної роботи бакалавра до захисту</i>		01.06.2023

Здобувач вищої освіти

_____ (підпис)

(Троцюк А.І.)
(прізвище, ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ (підпис)

(Придальний Б.І.)
(прізвище, ініціали)

АНОТАЦІЯ

Троцюк А.І. Проектування роботизованої системи подачі кілець підшипників в процесі розкатки та гартування на ПрАТ «СКФ Україна». Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Прикладна механіка» спеціальності 131 Прикладна механіка. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2023.

Кваліфікаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків і пропозицій, списку використаних джерел.

У роботі розроблено РТК упаковки серветок в коробки, подачі кілець на розкатку та в печі гартування.

У кваліфікаційній роботі бакалавра було написано програму на кодї URScript, для керування вищевказаними РТК процесів за допомогою колаборативних роботів.

В розділі охорона праці розглянуто вимоги до безпеки, стандарти та основні аспекти техніки безпеки.

Ключові слова: колаборативний робот, робото-технічний комплекс, гріпер, обладнання для розкатки, піч гартування, мова програмування.

ABSTRACT

Trotsiuk A.I. Design of a robotic system for supplying bearing rings in the rolling and hardening process at SKF Ukraine PrJSC. Manuscript.

Bachelor's qualification work of OP "Applied Mechanics" specialty 131 Applied Mechanics. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2023.

The qualification work consists of an introduction, four sections, conclusions and proposals, a list of used sources.

In the work, RTK packaging of napkins in boxes, supply of rings to the rolling machine and in the tempering furnace was developed.

In the bachelor's qualification work, a program was written using the URScript code to control the above RTK processes with the help of collaborative robots.

In the occupational safety section, safety requirements, standards and basic aspects of safety technology are considered.

Key words: collaborative robot, robotic complex, gripper, rolling equipment, tempering furnace, programming language.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА.....	8
1.1 Історія виробничих робіт.....	8
1.2 Компанія Universal Robots.....	9
1.3 Пристрої з якими працюють колаборативні роботи.....	14
1.4 Гріпери.....	17
2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	
2.1 Проектування автоматичної системи пакування для ПрАТ «ВГП».....	27
2.1.1 Опис РТК.....	27
2.1.2 Основні технічні характеристики РТК.....	28
2.1.3. Опис технологічного процесу.....	28
2.2 Проектування автоматичної системи подачі кілець на процес нагрівання для ПрАТ «СКФ Україна».....	29
2.2.1 Опис РТК.....	29
2.2.2 Основні технічні характеристики РТК.....	30
2.2.3. Опис технологічного процесу.....	31
2.3 Проектування автоматичної системи подачі кілець в процесі нагрівання та розкатки для ПрАТ «СКФ Україна».....	31
2.3.1 Опис РТК.....	31
2.3.2 Основні технічні характеристики РТК.....	32
2.3.3. Опис технологічного процесу.....	32
3 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЕКТОВАНИХ РТК.....	34
3.1 Мова програмування URScript.....	34
3.2 Процес написання програми.....	35
3.3 Приклад програми для робота.....	36
3.4 Покращення та оптимізація програм.....	41
4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	43
ВИСНОВКИ.....	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	52

					051Б-23.00.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

З давніх часів, ще з появою ремесел, людство завжди прагнуло виготовляти інструменти, одяг та інші речі, необхідні для полегшення своєї роботи і поліпшення життя. З розвитком промисловості і промислового перевороту в 18-19 століттях та наукових досягнень, з'явилася можливість автоматизувати виробництво та використовувати нове обладнання, що призвело до змін у способі виробництва та підвищення ефективності роботи. Однак, лише автоматизація не завжди вирішує всі завдання і потребує впровадження нових підходів.

Останнім часом, концепція колаборативних роботів здобула широку популярність у виробничому середовищі. Колаборативні роботи відрізняються від традиційних промислових роботів, оскільки вони спроможні співпрацювати з людьми, виконувати завдання разом з ними і забезпечувати безпеку працівників. Вони створюють нову парадигму виробництва, де людина і робот працюють разом, використовуючи свої унікальні навички та переваги.

					051Б-23.00.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1. Історія виробничих роботів

Перший виробничий робот був створений в 1954 році японським винахідником і інженером Фуджієм Кавабата в рамках проекту, спрямованого на автоматизацію виробничих процесів в компанії Mitsubishi Electric. Робот, створений Кавабатою, був названий "Unimate" і був призначений для зварювання кузовів автомобілів.



Рисунок 1.1 Презентація першого промислового робота

Згодом, виробничі роботи знайшли своє застосування в різних галузях промисловості, зокрема в автомобільній, електронній, харчовій та фармацевтичній промисловостях. Промислові роботи зазвичай використовуються для автоматизації рутинних та небезпечних робіт, таких як зварювання, обробка матеріалів, склеювання та фарбування.

З появою колаборативних роботів (cobots), які з'явилися на ринку у 1990-х роках, з'явилися нові можливості застосування роботів у різних галузях. Колаборативні роботи, відрізняються від промислових тим, що вони здатні працювати з людьми, а тому необхідність у спеціальних заходах безпеки знижується. Застосування колаборативних роботів включає такі галузі, як медицина, логістика, розподільні центри, виробництво електроніки та інші. Вони використовуються для виконання одноманітних завдань, таких

											Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	0515-23.00.00.00.000.ПЗ						

як пакування товарів, збірка та монтаж елементів, маніпуляція з важкими предметами та інше.

1.2. Компанія Universal Robots

Компанія Universal Robots є провідним виробником колаборативних роботів (cobots) для різних галузей промисловості та сервісних послуг. Cobots - це роботи, які призначені для спільної роботи з людьми в робочих середовищах, де роботизовані процеси можуть полегшити та покращити роботу людей. Universal Robots випускає широкий спектр роботів для виконання різноманітних завдань, таких як монтаж, пакування, збірка, паяння, фарбування та інші. Вони можуть бути програмовані та настроєні відповідно до потреб клієнта, що дозволяє їх використання у багатьох галузях промисловості та послуг.

Роботи легко програмуються та інтегруються з іншими системами, такими як візуалізаційні програми та інші промислові пристрої. Компанія Universal Robots пропонує своїм клієнтам власне програмне забезпечення - Universal Robots Polyscope. Це програмне забезпечення спеціально розроблене для колаборативних роботів від Universal Robots та забезпечує простий та зручний інтерфейс для керування роботами. Polyscope дозволяє програмувати робота безпосередньо на місці роботи, з використанням сенсорного екрану та інтуїтивно зрозумілих символів. Також програмне забезпечення містить різноманітні функції, які допомагають максимально використовувати можливості колаборативних роботів, зокрема функції детекції сили та контролю позиції. Ще кілька прикладів програмних забезпечень з якими працюють роботи:

- ROS (Robot Operating System) – це програмне забезпечення для програмування, що дозволяє роботам взаємодіяти з іншими пристроями та системами;

					0515-23.00.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- MATLAB - це програмне забезпечення для математичного моделювання, що може бути використане для програмування та керування роботами;

- LabVIEW - це програмне забезпечення для програмування та візуального моделювання, яке може бути використане для керування роботами та взаємодії з іншими системами;

- Python – це програмне забезпечення, яке використовується для розробки програм для роботів та їх інтеграції з іншими системами;

Для програмування та керування роботами, що працюють з візуальними програмами, зазвичай використовують мови програмування, такі як C++, Java або Python, а також бібліотеки комп'ютерного зору, такі як OpenCV, для обробки зображень.

Роботи від Universal Robots можуть працювати з різними промисловими пристроями залежно від конкретного завдання та потреб клієнта. Одним з головних переваг роботів є їх універсальність та можливість адаптуватися до різних процесів виробництва. Для забезпечення роботам максимальної сумісності з промисловими пристроями, компанія Universal Robots розробляє та підтримує широкий спектр додаткового обладнання та інструментів. Наприклад, роботи від Universal Robots можуть працювати з наступними типами промислового обладнання:

- системи затискачів та підйомники для обробки деталей;

- лазерні та інші типи оброблювальних верстатів для різання, свердління, фрезерування та інших процесів;

- камери та системи візуального спостереження для контролю якості виробництва;

- електричні та пневматичні гальма, клапани, насоси та інші механізми;

- автоматичні лінії для пакування продуктів: ці пристрої можуть заповнювати контейнери з продуктами, укладати їх у коробки та запаковувати їх для подальшого транспортування;

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	051B-23.00.00.00.000.ПЗ				

- роботизовані системи збирання та сортування: ці пристрої можуть збирати та сортувати різні предмети, наприклад, електронні компоненти, металеві деталі, медичні інструменти тощо.



Рис. 1.2 Укладання коробок на піддон колаборативним роботом

Універсальність роботів дозволяє їм працювати з різними промисловими пристроями, що робить їх ефективними в різних сферах виробництва, включаючи автомобільну, аерокосмічну, харчову та інші галузі.

Universal Robots дозволяє підприємствам у всьому світі автоматизувати свої процеси та знизити витрати на працю та виробництво. Компанія була заснована в Данії в 2005 році та зараз має офіси та дистриб'юторів по всьому світу. Вона є частиною Teradyne, міжнародної корпорації, що спеціалізується на тестуванні електроніки та автоматизації виробничих процесів.



Рис. 1.3 Подача заготовок за допомогою колаборативного робота

											Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

0515-23.00.00.00.000.ПЗ

Компанія Universal Robots пропонує широкий модельний ряд своїх колаборативних роботів, які відрізняються розмірами, навантаженнями, радіусом дії та іншими технічними характеристиками (рис 1.4).

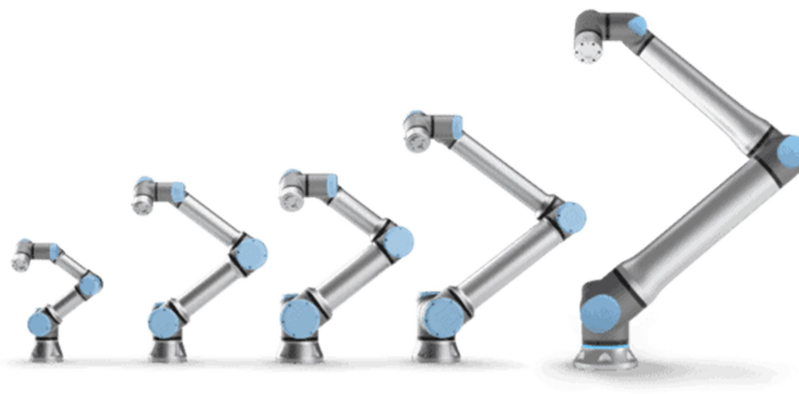


Рис. 1.4 Сімейство роботів UR

Нижче перераховані основні моделі роботів від Universal Robots:

1. UR3e - це найменший колаборативний робот від UR з навантаженням до 3 кг та радіусом дії 500 мм. Цей робот часто використовується для завдань, що потребують високої точності, таких як збирання електронних компонентів або операції зі складними механізмами.

2. UR5e - це середньорозмірний колаборативний робот від UR з навантаженням до 5 кг та радіусом дії 850 мм. Цей робот може виконувати багато завдань, включаючи збирання та упаковку, обробку деталей та легкий монтаж.

3. UR10e – це колаборативний робот від UR з навантаженням до 12,5 кг та радіусом дії 1300 мм. Цей робот може виконувати завдання зі збирання та пакування, обробку деталей та монтаж важких пристроїв.

4. UR16e – це колаборативний робот від UR з навантаженням до 16 кг та радіусом дії 900 мм. Цей робот здатен виконувати роботи, такі як переміщення важких предметів та обробка матеріалів.

					0515-23.00.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. UR20 – це найновіший та найпотужніший робот від UR з навантаженням до 20 кг та радіусом дії 1750 мм. Робот наступного покоління справляється з більшою кількістю завдань, підходить для більшої кількості застосувань і середовищ.

Таблиця 1.1 Порівняння характеристик моделей колаборативних роботів UR

	UR3e	UR5e	UR10e	UR16e	UR20
Радіус дії	500 мм	850 мм	1300 мм	900 мм	1750 мм
Навантаження	3 кг	5 кг	12,5 кг	16 кг	20 кг
Діаметр ноги	Ø 128 мм	Ø 149 мм	Ø 190 мм	Ø 190 мм	Ø 245 мм
Вага робота	11,2 кг	20,6 кг	33,5 кг	33,1 кг	64 кг

Крім основних моделей, UR також пропонує спеціалізовані роботи, які призначені для роботи в особливих умовах, таких як UR3e CB3, UR3e e-Series та інші. Кожен робот має свої унікальні характеристики, які роблять його підходящим для певних завдань в різних галузях.

UR3e CB3 та UR3e e-Series є модифікованими версіями робота UR3, який є найменшим колаборативним роботом від Universal Robots. Нижче перераховані деякі особливості кожної з цих модифікацій:

1. UR3e CB3 - це оновлена версія UR3 з контролером CB3, який забезпечує вищу точність та надійність в порівнянні з попереднім контролером CB2. Крім того, ця модифікація робота має збільшену міцність та ресурс.

2. UR3e e-Series - це новітня версія UR3, яка використовує контролер e-Series. Ця модифікація має більш високу точність та швидкість руху, а також покращені можливості безпеки. Крім того, UR3e e-Series може працювати з більш широким спектром інструментів та аксесуарів, що дозволяє розширити його можливості та застосування.

					0515-23.00.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Обидві модифікації UR3e мають ті ж самі технічні характеристики, що й оригінальна версія UR3, такі як навантаження до 3 кг, радіус дії до 500 мм та повторюваність позиціонування до $\pm 0,1$ мм. Однак, завдяки покращеній точності та швидкості руху, UR3e CB3 та UR3e e-Series можуть виконувати завдання з більшою точністю та ефективністю.

1.3. Пристрої з якими працюють колаборативні роботи

Пристрої та інструменти з якими працює робот UR3e e-Series:

1. Гріпери: UR3e e-Series може працювати з різноманітними гріперами для збирання та розміщення предметів, включаючи пневматичні, електричні та гідравлічні гріпери. Гріпери можуть мати різну форму та розмір, в залежності від конкретного завдання.

2. Камери: UR3e e-Series може працювати з камерами для відстеження та контролю руху предметів. Камери можуть використовуватися для розпізнавання предметів, зчитування штрих-кодів та іншого (рис 1.5).

3. Інструменти для свердління: UR3e e-Series може працювати з різними інструментами для свердління, які дозволяють виконувати свердління різних діаметрів та глибин.



Рис. 1.5 Колаборативний робот з камерою

					0515-23.00.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Інструменти для фрезерування: UR3e e-Series може працювати з інструментами для фрезерування, що дозволяють робити обробку деталей та вирізати їх з різної форми та матеріалу.

5. Системи візуального пошуку: UR3e e-Series може працювати з системами візуального пошуку, які дозволяють роботу розпізнавати та локалізувати предмети в просторі.

6. Інструменти для зварювання: UR3e e-Series може працювати з інструментами для зварювання, що дозволяє автоматизувати процес зварювання різних деталей.

7. Інструменти для склеювання: UR3e e-Series може працювати з інструментами для склеювання, які дозволяють склеювати різні матеріали та деталі, зменшуючи необхідність в ручній праці.

8. Інструменти для відбивання: UR3e e-Series може працювати з інструментами для відбивання, що дозволяють виконувати роботи з кованням та виготовленням металевих деталей.

Колаборативні роботи здатні працювати разом з людьми безпосередньо на лінії виробництва, що дозволяє ефективно використовувати їх у потоковому виробництві. Вони можуть виконувати рутинні та небезпечні операції, такі як підвищення важких предметів, операції зварювання, обробки та пакування, що дозволяє людям працювати в більш складних завданнях.

Одним з прикладів використання колаборативних роботів у потоковому виробництві є компанія Ford, яка використовує робота UR5 в своїй фабриці у Колорадо. Роботи виконують завдання зв'язані з підготовкою елементів кузова автомобіля для зварювання. Роботи отримали назву "ко-боти" через їх здатність працювати в команді з операторами та іншими роботами.

Ще одним прикладом використання колаборативних роботів у потоковому виробництві є компанія BMW, яка використовує робота UR10 в своїй фабриці у Мюнхені. Робот виконує завдання з відновлення деталей кузова автомобіля, які були пошкоджені під час виробництва.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

0515-23.00.00.00.000.ПЗ

Також варто відзначити компанію Boeing, яка використовує робота UR10 в своїй фабриці в Сіетлі. Робот виконує завдання з підготовки кабін і крил для літаків.

Усі ці компанії використовують колаборативних роботів для автоматизації та покращення процесів виробництва, що дозволяє знизити час та витрати на виробництво, збільшити ефективність та забезпечити безпеку для робочого персоналу.

Безпека співпраці людини та колаборативного робота є однією з найбільш важливих та складних задач в робототехніці. Це зумовлено тим, що колаборативні роботи, на відміну від традиційних промислових роботів, призначені для роботи в присутності людей, тому безпека співпраці з людиною є вирішальною.

Основні заходи, які забезпечують безпеку співпраці людини та колаборативного робота, включають:

1. Обладнання робота безпечними сенсорами, які дозволяють розпізнавати присутність людини поруч з роботом та визначати її рухи та положення.

2. Встановлення механізмів безпеки, таких як системи зупинки в разі небезпечної взаємодії робота та людини або системи безпечного обмеження зони дії робота.

3. Розробка спеціального програмного забезпечення, яке контролює рухи робота та може зупинити його в разі небезпеки.

4. Розробка безпечних гріперів, які забезпечують безпечне захоплення та переміщення предметів у присутності людини.

5. Навчання операторів та користувачів роботів правилам безпеки при роботі з колаборативними роботами.

Крім того, важливо враховувати контекст використання колаборативних роботів, такі як вимоги до безпеки, режим роботи та досвід працівників, щоб

					0515-23.00.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забезпечити максимальний рівень безпеки та ефективності співпраці людини та робота (рис. 1.6).



Рис. 1.6 Колаборативний робот у потоковому виробництві

1.4. Гріпери

Гріпери для колаборативних роботів - це спеціальні пристрої, що встановлюються на них і призначені для збирання, переміщення та маніпулювання предметами різної форми та розміру. Вони забезпечують точне та безпечне захоплення об'єктів з різних сторін, що дозволяє роботам ефективно виконувати завдання в різних галузях.

Гріпери для колаборативних роботів можуть мати різну форму та конструкцію, в залежності від конкретного завдання, що має виконувати робот. Вони можуть захоплювати один об'єкт або групу предметів одночасно. Також можуть бути оснащені датчиками, що дозволяють роботу точно контролювати позицію об'єкту та виконувати завдання з максимальною точністю. Вони дозволяють автоматизувати процеси виробництва та зменшити кількість помилок, що можуть виникати при ручній роботі. Також гріпери для роботів дозволяють знизити витрати на робочу силу та збільшити продуктивність виробництва.

					0515-23.00.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 1.7 Приклади пристроїв з якими може співпрацювати колаборативний робот

Процес вибору гріпера для певного робота може бути складним та залежить від багатьох факторів, таких як вага та розмір об'єктів, які робот повинен збирати та розміщувати, їх форма та текстура, а також вимоги до швидкості та точності роботи.

Один з перших кроків у процесі підбору гріпера - визначення типу гріпера, який потрібен. Гріпери можуть бути паралельними, радіальними, револьверними, пальцевими, пневматичними, електричними, гідравлічними тощо. Кожен тип має свої переваги та недоліки, і вибір залежить від конкретного завдання.

Потім слід визначити максимальну вагу та розміри предметів, які гріпер повинен піднімати, а також їх форму та текстуру. Наприклад, для маленьких та легких предметів можна використовувати пальцевий гріпер, а для важких та незручних форм - паралельний або радіальний.

Далі слід звернути увагу на систему кріплення гріпера до робота. Гріпер може бути приєднаний до робота за допомогою спеціального кріплення або засувного механізму. Вибір залежить від конкретної моделі робота та гріпера.

Останнім етапом є вибір виробника та моделі гріпера, який відповідає вимогам та потребам конкретного завдання. Слід враховувати такі критерії, як якість виконання, надійність та довговічність гріпера, а також його ціну та доступність на ринку.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

0515-23.00.00.00.000.ПЗ

У загальному, процес підбору гріпера для певного робота може бути складним та вимагати детального аналізу факторів та вимог. Проте, з використанням правильних інструментів та досвіду фахівців, цей процес може бути оптимізований та зменшений у часі. Також, деякі виробники гріперів можуть надати консультації та рекомендації щодо вибору найбільш підходящої моделі для конкретного робота та завдання.

Компанії, які виготовляють гріпери для колаборативних роботів:

- OnRobot;
- Robotiq;
- Schunk;
- Zimmer Group;
- Soft Robotics;
- ATI Industrial Automation;
- Weiss Robotics;
- Zimmer Biomet;
- KUKA;
- Festo.

Це лише деякі з численних виробників гріперів для колаборативних роботів, які працюють в цій галузі та мають великий досвід у розробці та виробництві роботів.

Види гріперів:

1. Пальцеві гріпери - це гріпери, що мають два або більше пальці, які затискуються разом для захоплення предметів. Ці гріпери зазвичай використовуються для збору дрібних предметів, таких як гвинти, гайки, електронні компоненти тощо. Приклад пальцевого гріпера це Robotiq 2F-85 (рис. 1.8).

					0515-23.00.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 1.8 Пальцевий гріпер Robotiq 2F-85

2.Паралельні гріпери - це гріпери, що мають дві паралельні пластини, які затискуються разом для захоплення предметів. Ці гріпери зазвичай використовуються для збору важких предметів, таких як металеві блоки, пластикові контейнери тощо. Приклад паралельного гріпера це OnRobot RG6 (рис. 1.9).



Рис. 1.9 Паралельний гріпер OnRobot RG6

					0515-23.00.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.Радіальні гріпери - це гріпери, що мають три або більше пальці, які рухаються по радіусу для захоплення предметів. Ці гріпери зазвичай використовуються для збору предметів з незручною формою, таких як труби або круглі предмети. Приклад радіального гріпера це Robotiq 3F (рис. 1.10).

4.Револьверні гріпери - це гріпери, що мають кілька пальців, для захоплення предметів, які обертаються навколо центральної осі. Ці гріпери зазвичай використовуються для збору предметів зі складними формами, таких як круглі або конічні предмети. Приклад револьверного гріпера це Zimmer Group GPP (рис. 1.11).



Рис. 1.10 Радіальний гріпер Robotiq 3F



Рис. 1.11 Револьверний гріпер Zimmer Group GPP

					0515-23.00.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.Магнітні гріпери - це гріпери, що використовують магнітну силу для захоплення металевих предметів. Ці гріпери зазвичай використовуються в металообробній промисловості для збору металевих деталей або обробки металу. Приклад магнітного гріпера це Schunk MAG (рис. 1.12).



Рис. 1.12 Магнітний гріпер Schunk MAG

6.Гріпери з пневматичним керуванням - це гріпери, що використовують стиснений повітря для керування затисканням та відкриванням пальців. Ці гріпери зазвичай використовуються в середовищах, де не допускається використання електричної енергії, наприклад, у харчовій промисловості. Приклад гріпера з пневматичним керуванням це Festo HGP (рис. 1.13).



Рис. 1.13 Паралельний гріпер з пневматичним керуванням Festo HGP

7.Вакуумні гріпери - це ще один тип гріперів, що використовується для захоплення та переміщення предметів. Він працює за допомогою вакуумної

					0515-23.00.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сили, що створюється насосом, який забезпечує негативний тиск всередині гріпера. Вакуумні гріпери зазвичай використовуються для захоплення предметів з плоскої поверхні, таких як скляні або металеві пластини, а також для захоплення легких предметів, які складно зібрати іншими типами гріперів, наприклад, картонні коробки або паперові пакети. Приклад вакуумного гріпера це OnRobot VG10 (рис. 1.14).



Рис. 1.14 Вакуумний гріпер OnRobot VG10

1.5. Камери технічного зору

Камери для колаборативних роботів є важливою складовою автоматизованих систем та дозволяють роботам сприймати оточення, робити розрахунки та виконувати різноманітні завдання. Ось деякі особливості та приклади камер, які можуть бути використані з колаборативними роботами.

1. 2D камери. Ці камери використовуються для розпізнавання та вимірювання об'єктів у двовимірному просторі. Вони можуть виконувати завдання, такі як розпізнавання кодів, контроль якості, пошук об'єктів та інші завдання обробки зображень.

2. 3D камери. Ці камери дозволяють отримувати тривимірні дані про об'єкти та їхню глибину. Вони користуються структурованим світлом або технологією "Time of Flight" для створення точного тривимірного зображення. 3D камери корисні для завдань, таких як навігація, вимірювання

					0515-23.00.00.00.000.ПЗ	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

об'ємів, детекція перешкод та інші завдання, які вимагають глибинної інформації.

3. Інфрачервоні камери. Ці камери використовуються для зчитування теплового випромінювання об'єктів. Вони дозволяють роботам "бачити" теплові зображення об'єктів, що може бути корисним для ідентифікації аномалій, контролю температури, виявлення втрат енергії та інших завдань, пов'язаних з тепловою інформацією.

4. Стереокамери. Стереокамери мають два об'єктиви, розташовані на певній відстані один від одного, що дозволяє отримати глибину об'єктів шляхом аналізу паралаксу між зображеннями. Вони дозволяють роботам точно оцінювати відстань до об'єктів та виконувати завдання, такі як взаємодія з оточенням, навігація у просторі та уникнення перешкод.

5. Мультиспектральні камери. Ці камери використовують різні канали спектрального діапазону, що дозволяє отримувати зображення в різних кольорах або діапазонах спектра. Вони корисні для додаткової інформації про об'єкти, такої як деталі структури, матеріал або хімічний склад.

Приклади камер, які можуть працювати з колаборативними роботами:

1. Cognex In-Sight 2000. Це компактна камера з інтегрованим освітленням, яка працює під керуванням програмного забезпечення In-Sight. Вона забезпечує високу роздільну здатність та швидкість зображень, а також підтримує розпізнавання об'єктів, вимірювання та контроль якості.



Рис. 1.15 Камера Cognex In-Sight 2000

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	0515-23.00.00.00.000.ПЗ				

2. Basler Ace. Ця серія високоякісних камер має компактний розмір та низький рівень шуму. Вона пропонує різні моделі з різними характеристиками, такими як роздільна здатність, швидкість зображення та тип інтерфейсу, для відповідності потребам різних додатків.



Рис. 1.16 Камера Basler Ace 2

3. Teledyne DALSA Genie Nano: Ця серія компактних камер забезпечує високу роздільну здатність та швидкість зображення. Вона підтримує різні інтерфейси, такі як GigE Vision та Camera Link, і має вбудовані функції обробки зображень.



Рис. 1.17 Камера Genie Nano-1GigE

4. IDS NXT: Ця серія "розумних" камер має вбудований процесор, що дозволяє виконувати обробку зображень безпосередньо на камері. Вона підтримує розпізнавання об'єктів, слідування, вимірювання та інші функції, що розширюють можливості колаборативних роботів.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	0515-23.00.00.00.000.ПЗ					



Рис. 1.18 Камера IDS NXT rio RS18064

1.6. Задачі на дослідження

Розробити компоновку та схему роботи для наступних технологічних процесів, а саме:

1. Проектування автоматичної системи пакування серветок за допомогою колаборативного робота для ПрАТ «ВГП» в картонні коробки по 10, 16 та 24 пачки;

2. Проектування автоматичної системи подачі та укладання кілець в печі гартування за допомогою колаборативного робота для ПрАТ «СКФ Україна».

3. Проектування автоматичної системи подачі кілець на обладнання для розкатки за допомогою колаборативного робота на ПрАТ «СКФ Україна»;

4. Для даних процесів розробити програми керування колаборативними роботами.

Розглянути питання охорони праці для одного з розроблених процесів.

					0515-23.00.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2

КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1. Проектування автоматичної системи пакування серветок за допомогою колаборативного робота для ПрАТ «ВГП» в картонні коробки по 10, 16 та 24 пачки

2.1.1. Опис РТК

Робото-технічний комплекс укладання упаковок з серветками (РТК) включає в себе одного робота (виробництва Universal Robots, Данія), який оснащено пневматичним гріпером та камерою технічного зору. Робот встановлено в кінці конвеєра машини пакування серветок. Характеристика робота: робот UR5e, вантажопідйомність 5 кг, радіус дії робота 850 мм, 6 ступенів вільності.

Після накопичення заданої кількості упаковок серветок на конвеєрі, пневматичний гріпер піднімає упаковки (рис. 2.1), щоб звільнити місце наступним, а робот автоматично забирає та складає їх у коробку. Робот буде оснащений звуковою та світловою індикацією, яка буде сигналізувати оператору про заповнення коробки упаковками і заміну повної коробки на пусту. РТК працює з обома конвеєрами, які розташовані паралельно. Заміна повних коробок на пусті автоматизована та синхронізована з роботом. Контроль наповнення коробок забезпечується камерою технічного зору IDS NXT rio RS18064.

Для забезпечення синхронних аварійних зупинок і перехід в режим «підвищеної безпеки» - робот буде оснащений кнопкою аварійної зупинки і кнопкою ручної активації режиму «підвищеної безпеки».

Управління налаштуваннями РТК здійснюється з панелі керування роботом. Додаткові функції: зміна конфігурації типу пакування під різні коробки, команда примусового переходу на пакування лише на один з

					0515-23.00.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

конвеєрів, відстеження заміни коробок і сигналізація у випадку відсутності заміни.

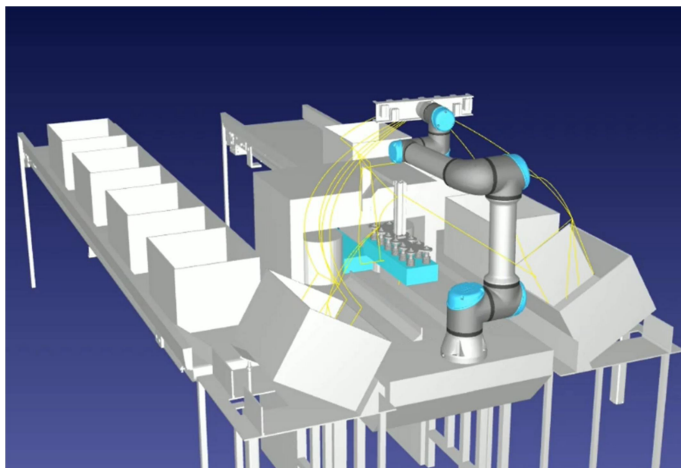


Рис. 2.1 Пневматичний захват піднімає задану кількість готових упаковок

2.1.2 Основні технічні характеристики РТК:

- повністю автоматична робота в цілодобовому режимі;
- укладання упаковок в коробки різних розмірів;
- синхронізація заміни повних коробок на пусті.

Захисні функції у вигляді зупинки робота через невідповідність кількості чи якості упаковок та ручна активація режиму безпеки (обмежена швидкість і потужність).

2.1.3. Опис технологічного процесу

З машини пакування на конвеєр виходять готові упаковки із серветками, які рухаються по конвеєру до робота. В кінці конвеєра знаходиться робот який укладає готові упаковки в коробку (рис. 2.2). Система відстежує факт заміни коробок і повідомляє сигналізацією.

					051Б-23.00.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

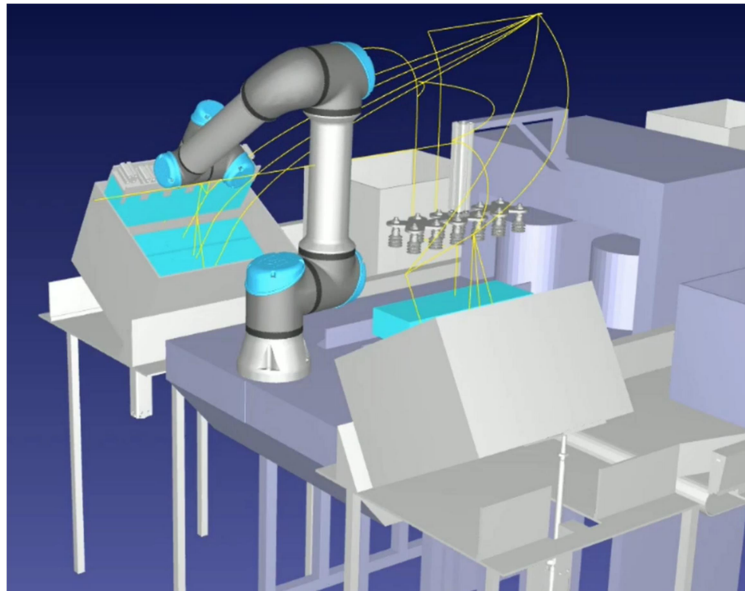


Рис. 2.2 Робот складає задану кількість готових упаковок в коробку

2.2 Проектування автоматичної системи подачі та укладання кілець в печі гартування за допомогою колаборативного робота для ПрАТ «СКФ Україна»

2.2.1 Опис РТК

Робото-технічний комплекс транспортування кілець підшипників (РТК) включає в себе одного робота (виробництва Universal Robots, Данія), які оснащені гріпером OnRobot RG6 та камерою технічного зору. Робот встановлено перед печами, до яких підведено конвеєри (рис. 2.3), біля ємностей з заготовками. Характеристика робота: робот UR5 CB3.0, вантажопідйомність 5 кг, радіус дії робота 850 мм, 6 ступенів вільності.

Робот працює з трьома конвеєрами, на які викладає кільця у заданій послідовності. Після того як на одному з конвеєрів викладена потрібна кількість кілець, робот їде до наступного та робить те ж саме. Наявність кілець та їх відсутність на конвеєрі синхронізована з роботом. Контроль послідовності та наявності кілець забезпечується камерою технічного зору OnRobot Eyes.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	051Б-23.00.00.00.000.ПЗ					

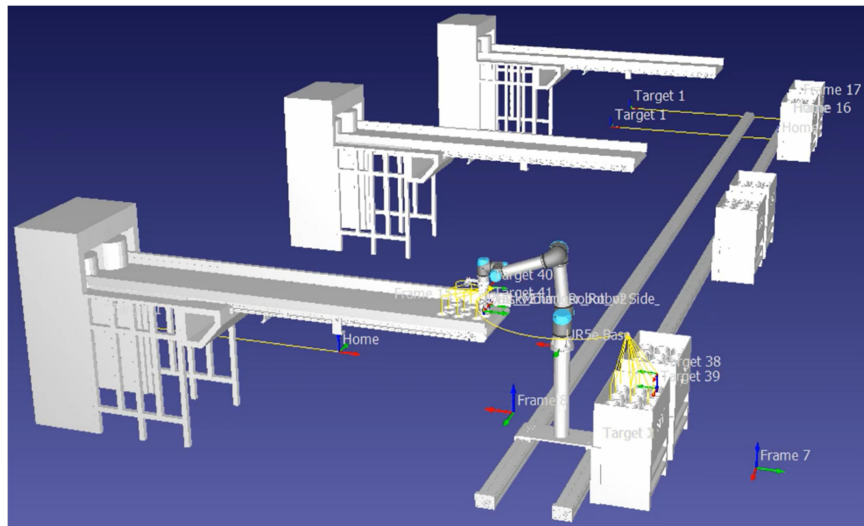


Рис. 2.3 Робот складає задану кількість кілець на один з конвеєрів до печі

Для забезпечення синхронних аварійних зупинок і перехід в режим «підвищеної безпеки» - робот буде оснащений кнопкою аварійної зупинки і кнопкою ручної активації режиму «підвищеної безпеки».

Управління налаштуваннями РТК здійснюється з панелі керування роботом. Додаткові функції: зміна порядку та заданої кількості кілець, які потрібно викласти на конвеєр, команда примусового переходу розкладання лише на один з конвеєрів, відстеження достатньої кількості кілець і сигналізація у випадку їх відсутності.

2.2.2 Основні технічні характеристики РТК:

- повністю автоматична робота в цілодобовому режимі;
- укладання кілець в заданому порядку та кількості;
- сигналізація відсутності або нестачі запасів.

Захисні функції у вигляді припинення розкладання кілець на один з конвеєрів через невідповідність кількості чи якості кілець та ручна активація режиму безпеки (обмежена швидкість і потужність).

					0515-23.00.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2.3. Опис технологічного процесу

З ємностей з кільцями, яка знаходиться на початку конвеєра, робот набирає необхідну кількість та розкладає їх на конвеєр до печі, в якій кільця гартуються. Робот викладає необхідну кількість на конвеєр та після спрацювання датчика наявності об'єктів або підтвердження камерою необхідної кількості, їде до іншого робити те ж саме (рис. 2.4). Система відстежує факт наявності запасу кілець і повідомляє сигналізацією в разі їх нестачі.

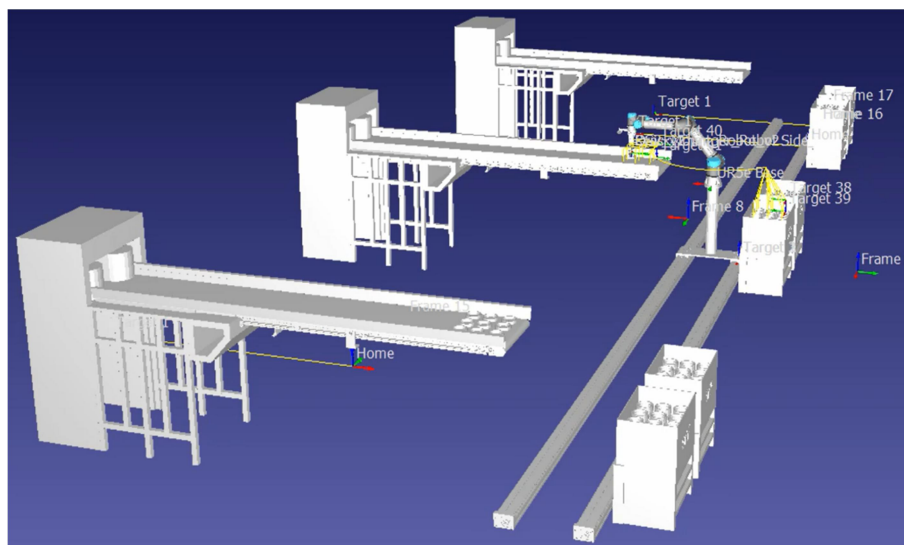


Рис. 2.4 Приклад роботи з іншою пічкою

2.3 Проектування автоматичної системи подачі кілець на обладнання для розкатки за допомогою колаборативного робота на ПрАТ «СКФ Україна»

2.3.1 Опис РТК

Робото-технічний комплекс транспортування кілець для підшипників (РТК) включає в себе одного робота (виробництва Universal Robots, Данія), які оснащені гріпером OnRobot RG6 та камерою технічного зору. Робот встановлено між операціями нагрівання та розкатки. Характеристика робота: робот UR5 CB3.0, вантажопідйомність 5 кг, радіус дії робота 850 мм, 6 ступенів вільності.

					0515-23.00.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Робот бере нагріті кільця з печі, та закладає їх до обладнання розкатки, перед цим забираючи розкатане кільце. Далі робот пускає розкатане кільце на наступну операцію (наприклад гартування). Обмін кільцями забезпечується подвійним гріпером, який буде встановлено на роботі (рис. 2.5). Наявність кілець та їх відсутність синхронізована з роботом та контролюється камерою технічного зору OnRobot Eyes.

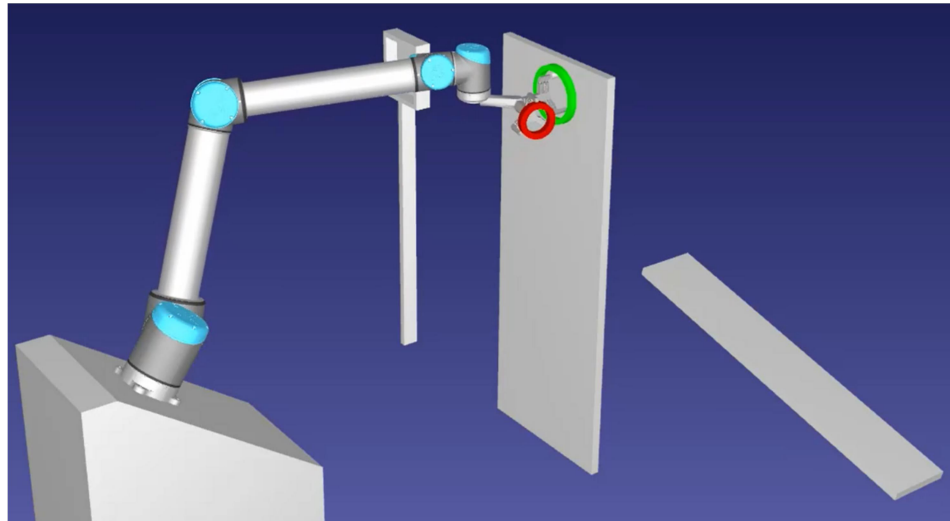


Рис. 2.5 Процес заміни розкатаного кільця нерозкатаним

2.3.2 Основні технічні характеристики РТК:

- Повністю автоматична робота в цілодобовому режимі;
- Обмін кільцями із заданою швидкістю;
- Сигналізація відсутності або дефекту кільця.

Захисні функції у вигляді припинення роботи через відсутність кільця чи його дефекту та ручна активація режиму безпеки (обмежена швидкість і потужність).

2.3.3. Опис технологічного процесу

З печі для нагрівання, робот забирає кільце одним гріпером та переміщується до обладнання розкатки, де забирає розкатане кільце другим гріпером та відправляє нерозкатане кільце на розкатку (рис. 2.6). Після цього він відправляє розкатане кільце на наступну операцію та повертається до

					051Б-23.00.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

печі, де за наявності та відсутності дефектів кільця повторює процес. Система відстежує факт наявності та якості кільця і повідомляє сигналізацією в разі їх невідповідності.

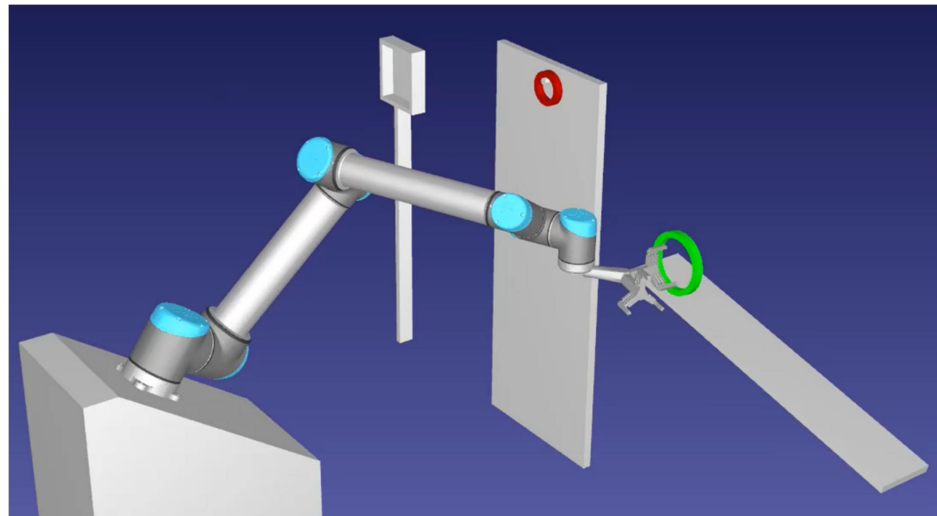


Рис. 2.6 Відправка розкاتаного кільця на наступну операцію

					051Б-23.00.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЕКТОВАНИХ РТК

3.1 Мова програмування URScript

Розглянемо один з прикладів мови програмування для колаборативних роботів – (Universal Robots Script).

URScript - це мова програмування, розроблена спеціально для роботів Universal Robots. URScript використовується для створення програм для керування роботами UR та виконання різних завдань автоматизації.

URScript є текстовою мовою програмування, яка базується на синтаксисі Python. Вона має багатий набір вбудованих функцій та команд, які дозволяють керувати рухом робота, взаємодіяти зі зовнішніми пристроями, виконувати логічні операції, обробляти дані та багато іншого.

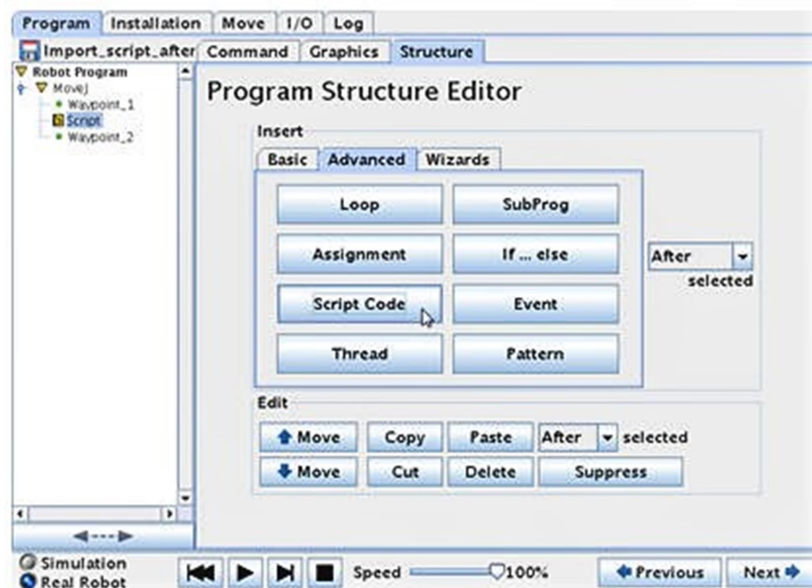


Рис. 3.1 Приклад інтерфейсу ПЗ для написання програм мовою URScript

Деякі особливості URScript:

1. Рух робота. URScript дозволяє задавати рух робота, такий як переміщення до певної позиції, обертання, лінійний рух тощо. Можна контролювати швидкість, прискорення та інші параметри руху.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

0515-23.00.00.00.000.ПЗ

2. Взаємодія зі зовнішніми пристроями. URScript підтримує комунікацію зі зовнішніми пристроями, такими як датчики, камери, гріпери тощо. Це дозволяє роботу взаємодіяти зі своїм оточенням та виконувати різноманітні завдання.

3. Умовні оператори та цикли. URScript має умовні оператори (if-else) та цикли (for, while), що дозволяють виконувати різні дії в залежності від умов та повторювати певний блок коду.

4. Обробка даних. URScript дозволяє працювати з числами, рядками, масивами та іншими типами даних. Можна виконувати математичні операції, виконувати обробку даних та здійснювати логічні операції.

5. Використовувати функції користувача. URScript дозволяє визначати власні функції, які дозволяють повторно використовувати код та створювати власні алгоритми.

6. Використання сторонніх бібліотек. URScript підтримує використання сторонніх бібліотек, які розширюють функціональність мови. Це дозволяє використовувати готові рішення та інструменти для специфічних завдань.

3.2 Процес написання програми

Процес написання програми для робота включає кілька кроків. Ось загальна послідовність кроків, які варто виконати:

1. Визначення завдання. Спочатку потрібно чітко визначити, яке завдання має виконувати робот. Це може бути переміщення об'єктів, складання, сортування або будь-яка інша автоматизована операція.

2. Розробка алгоритму. Після визначення завдання потрібно розробити алгоритм, який описує послідовність дій, необхідних для виконання цього завдання. Алгоритм може включати рухи робота, умови, цикли, обробку даних та інші операції.

3. Вибір мови програмування. Виберіть мову програмування, яка підтримується вашим роботом і відповідає вашим потребам. Деякі роботи

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

0515-23.00.00.00.000.ПЗ

підтримують власні мови програмування, такі як URScript, Fanuc TP або ABB Rapid, а інші можуть підтримувати загальноприйняті мови програмування, такі як Python або C++.

4. Розробка коду. Напишіть код програми, використовуючи обрану мову програмування. Стежте за розробленим алгоритмом та використовуйте вбудовані функції та команди для керування роботом, обробки даних та взаємодії зі зовнішніми пристроями.

5. Тестування та налагодження. Після написання програми виконайте її тестування на роботі. Перевірте, чи працює програма вірно, виконуючи очікувані дії та перевіряючи результати. Виправте будь-які помилки або проблеми, які виявлені під час тестування.

6. Впровадження та оптимізація. Після успішного тестування програми впровадіть її на роботі для реального використання. Ви можете здійснити додаткові оптимізації, які дозволять покращити продуктивність, точність або ефективність роботи.

Важливо пам'ятати, що процес написання програми для роботи може варіюватися в залежності від конкретних потреб та характеристик вашого робота. Деякі роботи можуть мати власні інструменти та середовища програмування, які полегшують розробку програм, тоді як інші можуть вимагати використання сторонніх інструментів або середовищ програмування.

3.3 Приклад програми для роботи

Розглянемо приклад загальної програми для роботи в розділі 2.3.

Предмети 1 та 2 це нагріте та розкатане кільця відповідно. Точки А, В, С – піч нагрівання, розкатка, наступна операція відповідно.

Оголошення координат точок А, В і С

					0515-23.00.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```
global point_A = [0.5, 0.3, 0.2, 0, 3.1415, 0]
```

```
global point_B = [0.8, 0.2, 0.2, 0, 3.1415, 0]
```

```
global point_C = [1.0, 0.4, 0.2, 0, 3.1415, 0]
```

```
# Оголошення функції для перевірки наявності предмета за допомогою камери
```

```
def check_item_presence(location):
```

```
# Код для перевірки наявності предмета за допомогою камери в заданій локації
```

```
# Параметр "location" вказує координати локації, де треба перевірити наявність предмета
```

```
# Задає "True", якщо предмет присутній, і "False", якщо немає
```

```
return False
```

```
# Оголошення функції для захоплення предмета
```

```
def pick_up_item(gripper):
```

```
# Код для захоплення предмета за допомогою гріпера
```

```
# Параметр "gripper" вказує, який гріпер використовувати ("left" або "right")
```

```
# Оголошення функції для уникання перешкод і переходу в безпечний режим
```

```
def avoid_obstacles():
```

					051Б-23.00.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```
# Код для уникання перешкод та переходу в безпечний режим
```

```
return
```

```
# Оголошення функції для звукового сигналу
```

```
def sound_alarm():
```

```
# Код для відтворення звукового сигналу
```

```
return
```

```
# Оголошення функції для зупинки робота
```

```
def stop_robot():
```

```
# Код для зупинки робота
```

```
return
```

```
# Основна програма
```

```
while True:
```

```
# Перевірка наявності предмета 1 (кільця після нагрівання) в точці А (на виході з печі нагрівання) за допомогою камери
```

```
if not check_item_presence(point_A):
```

```
sound_alarm()
```

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	051Б-23.00.00.00.000.ПЗ				

Відтворення звукового сигналу в разі відсутності предмета 1(кільця після нагрівання)

stop_robot()

Зупинка робота

break

Захоплення предмета 1(кільця після нагрівання) в точці А (на виході з печі нагрівання) лівим гріпером

pick_up_item("left")

Уникання перешкод та перехід в безпечний режим

avoid_obstacles()

Переміщення предмета 1 (кільця після нагрівання) в точку В (обладнання для розкатки)

movej(point_B, v=0.1, a=0.1)

place_item("left", point_B)

Перевірка наявності предмета 2 (кільця після розкатки) на точці В (обладнання для розкатки) за допомогою камери

if not check_item_presence(point_B):

					0515-23.00.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

sound_alarm()

Відтворення звукового сигналу в разі відсутності предмета 2 (кільця після розкатки)

stop_robot()

Зупинка робота

break

Захоплення предмета 2 (кільця після розкатки) в точці В (обладнання для розкатки)

pick_up_item("right")

Встановлення предмета 1 (кільця після нагрівання) в точці В (обладнання для розкатки)

place_item("left", point_B)

Переміщення предмета 2 (кільця після розкатки) в точку С (наступна операція)

movej(point_C, v=0.1, a=0.1)

place_item("right", point_C)

					051Б-23.00.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Це загальна структура коду, яка потребує налагодження та доробки відповідно до специфікацій робота, гріпера, камери технічного зору та датчика безпеки.

В програмі, символ # використовується для коментування коду. Коментарі - це частини коду, які не виконуються комп'ютером і використовуються лише для пояснення або документації коду.

Після символу # в програмі можна додавати текст, який буде підказкою або коментарем і буде проігнорований комп'ютером під час виконання коду. Коментарі дозволяють роз'яснити функціональність коду, додати пояснення до окремих рядків коду або вказати важливу інформацію для інших розробників, які працюють з цим кодом.

3.4 Покращення та оптимізація програм

Для покращення та оптимізації програм для колаборативних роботів в URScript (Universal Robots Script), можна використовувати наступні підходи та методи:

1. Розбиття програми на функції. Розбивайте програму на менші функції або підпрограми, які виконують конкретні завдання. Це спрощує розробку, тестування та підтримку програми, а також полегшує її розширення та впровадження нових функцій.

2. Використання функцій-підпрограм. Використовуйте готові функції-підпрограми, які надаються виробником робота або розроблені спільнотою користувачів. Це можуть бути функції для планування руху, керування гріпером, опрацювання сигналів датчиків тощо. Використання готових функцій дозволяє прискорити розробку програми і знизити ризик помилок.

3. Оптимізація рухів. При програмуванні рухів робота, звертайте увагу на шляхи руху, швидкість, прискорення та точність. Використовуйте оптимальні траєкторії руху, уникайте зайвих зупинок і зменшуйте витрати часу на переміщення робота.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

0515-23.00.00.00.000.ПЗ

4. Використання сенсорів та систем спостереження. Використовуйте датчики та системи спостереження, такі як камери, силові датчики, системи візуального спостереження, для реалізації функцій розпізнавання об'єктів, контролю якості, безпеки тощо. Це дозволяє роботу бути більш гнучким та взаємодіючим зі своїм оточенням.

5. Підвищення безпеки. Забезпечте безпеку операторів та інших працівників, встановивши заходи безпеки, такі як датчики безпеки, обмеження сили руху робота, безпеку в колаборативному режимі тощо. Розробка та виконання програм з дотриманням норм та стандартів безпеки є важливим етапом впровадження колаборативних роботів.

6. Тестування та налагодження. Перед впровадженням програми ретельно тестуйте її на симуляторі або реальному роботі. Виявляйте та виправляйте помилки, оптимізуйте рухи та функціональність програми. Проводьте тестування залежності програми від різних факторів, таких як розміщення об'єктів, швидкість робота, навколишнє середовище тощо.

7. Оптимізація продуктивності. Оптимізуйте програму для досягнення максимальної продуктивності робота. Збільшуйте швидкість рухів, використовуйте паралельні операції, мінімізуйте затримки та простої робота.

8. Конфігурація мережі та інтеграція: Налаштуйте мережу та інтегруйте робота з іншими системами, такими як PLC (контролери логічних схем), моніторингові системи, системи керування виробництвом тощо. Це дозволяє розширити функціональність робота та підвищити його ефективність.

9. Оновлення та підтримка. Слідкуйте за новими версіями програмного забезпечення робота та оновлюйте його, якщо це необхідно. Проводьте регулярне технічне обслуговування робота, усуваючи можливі проблеми та забезпечуючи його оптимальну продуктивність.

Загалом, впровадження та оптимізація програм для колаборативних роботів в URScript вимагає комбінації технічних знань, розуміння завдань та ефективного проектування програми.

					0515-23.00.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

Вимоги безпеки перед початком роботи.

1. Приведіть в порядок робочий одяг: застебнути або підв'яжіть вилоги рукавів, надіньте головний убір, жінки повинні прибрати волосся під косинку, пов'язану без звисаючих кінців. Працювати в легкому відкритому взутті і без панчіх, а також з засуканими рукавами забороняється.

2. Перевірте весь необхідний інструмент. Перевірте стан робочого місця:

- стан підлоги, який повинен бути чистим і сухим;
- чи не захаращені робоче місце, проходи і проїзди біля нього;
- наявність, справність обладнання і спеціального інструменту;

3. Перевірте наявність та справність огорож, місцевого освітлення, заземлення та кріплення заземлюючого проводу.

4. Перевірте правильність налаштування від попередньої зміни прийміть роботу в комплексі з засобами захисту і механізації, отримайте від майстра завдання на виконання роботи.

5. Перед налаштуванням обладнання перевірте його на всіх режимах роботи і переконаєтеся в справності засобів безпеки і аварійних вимикачів (датчиків, кнопок). У разі виявлення будь-якої несправності повідомте майстра, при цьому категорично заборонено приступати до роботи на даному обладнанні до її усунення.

6. Налаштовуйте обладнання у відповідності з технологічним процесом.

7. Перевіряйте впродовж зміни стан обладнання та його придатність до роботи.

Вимоги безпеки під час роботи.

Необхідно дотримуватися на робочому місці під час роботи таких вимог охорони праці:

					051Б-23.00.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Механізми, призначені для переміщення вантажів, повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.2.022.

2. На роботі, що має кілька пультів управління, передбачені пристрої, що допускають управління робота одночасно тільки з одного пульта. Перемикач режимів на пульті управління роботом повинен перебувати в режимі «АВТО». Органи управління, призначені для вибору режиму роботи робота, повинні забезпечувати безпомилкову установку необхідного режиму.

3. Якщо під час роботи робота повинні виконуватися ручні операції, наприклад, для завантаження або розвантаження деталей, то завантажувальні пристрої повинні бути розташовані так, щоб працівник не міг потрапити в робочий простір або для цих операцій повинні бути передбачені відповідні запобіжні пристрої.

4. В процесі роботи працівник повинен бути уважним до рухів робота при переміщенні деталей, щоб не заходити в зону переміщення захоплення робота. Конструкція робота повинна виключати можливість травмування осіб і обслуговуючого персоналу. При неможливості виконання цієї вимоги елементи робота, які швидко переміщуються, або весь робочий простір повинні бути закриті захисними огороженнями. Простір, що вимагає огороження, повинно бути визначено виходячи зі ступеня ризику виходу робочих органів робота за межі робочого простору. Захисні огорожі:

- повинні виключати доступ осіб та обслуговуючого персоналу в обгороджений простір, крім як через проходи, забезпечені блокуваннями або пристроями виявлення;

- повинні бути без гострих країв і виступаючих частин;

- не повинні створювати інших небезпечних ситуацій;

- повинні мати сигнальне пофарбування та знаки безпеки згідно з ГОСТ 12.4.026.

					051Б-23.00.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Автоматичний режим роботи робота має бути перерваний при відкриванні огороження так само, як і по команді «СТОП» або при аварійному відключенні.

5. При спрацьовуванні пристрою аварійної зупинки робота повинна виключатися можливість впливу на обслуговуючий персонал небезпечних виробничих факторів. Аварійне відключення робота має виключати можливість його включення в режим виконання програми без попереднього проведення всіх виконавчих пристроїв в початкове положення, відповідно до перерваної програми. Відновлення роботи робота має забезпечуватися спеціальною командою, яка подається працівником.

6. Перемикачі режимів роботи і регулятор швидкості повинні бути забезпечені фіксаторами, що не допускають мимовільне їх переміщення. Повинна виключатися можливість вільного доступу до них без застосування спеціального інструменту (ключів, ручок і т. д.). Органи аварійної зупинки повинні розташовуватися в легкодоступному місці.

7. Забороняється виконувати ремонтні роботи, пов'язані з обслуговуванням робота, без відключення системи живлення. Обов'язковою є присутність другої особи, яка наглядає за безпекою робіт, в разі навчання і (або) налагодження з використанням переносного дистанційного пульта управління. Щоб уникнути зіткнення з рухомими елементами робота обслуговуючому персоналу забороняється перебувати в робочому просторі при роботі робота в режимі виконання програми.

8. Якщо для проведення технічного обслуговування робот повинен бути підключений до мережі живлення, то слід дотримуватись таких вимог:

а) перш ніж приступити до роботи в огороженому просторі, обслуговуючий персонал повинен:

1) зовнішнім оглядом переконатися у відсутності причин, які можуть призвести до виникнення небезпечних ситуацій;

					051Б-23.00.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2) перед використанням переносного пульта управління переконатися в його справності;

3) не приступати до роботи до усунення виявлених несправностей;

б) обслуговуючий персонал, що працює в огороженому просторі, повинен повністю контролювати роботу робота, для цього повинні бути виконані наступні вимоги:

1) автоматичний режим роботи робота має бути вимкнений,

2) система управління робота не повинна виконувати команди, що подаються з пульта управління,

3) система аварійного відключення ПР повинна бути повністю справна;

в) для відновлення автоматичного режиму роботи робота тимчасово відключені запобіжні пристрої повинні бути приведені у вихідне положення.

9. В процесі роботи необхідно періодично перевіряти працездатність присосок гріпера. Подібний огляд проводиться після повної зупинки робота. Гумові присоски і пластикові трубки для вакуумного захоплення виробів повинні бути не пошкодженими, не пропускати повітря.

10. Оброблені та необроблені деталі повинні складатися тільки на відведених для цієї мети місцях так, щоб вони не захаращували робочого місця та у спосіб, що забезпечує їх стійкість і зручність використання при потребі. Висота штабелів деталей і заготовок не повинна перевищувати 1 м.

11. Не допускається укладання деталей в проходах.

12. Для дрібних деталей, заготовок і відходів повинна бути передбачена спеціальна тара.

13. Для зберігання інструменту, невеликих, часто використовуваних пристроїв і оснащення, робочі місця повинні бути обладнані шафами, стелажами і т.п.

14. Порожня тара і пакувальні матеріали повинні своєчасно вилучатися з робочих місць в спеціально відведені для цієї мети місця.

					0515-23.00.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

15. Використаний обтиральний матеріал повинен збиратися в металевий ящик з кришкою яка щільно закривається і періодично, але не рідше одного разу на зміну, віддалятися для знищення або утилізації.

16. Для екстреної зупинки обладнання повинно оснащуватися кнопками «СТОП» червоного кольору з грибоподібним штовхачем, що знаходяться в легкодоступних місцях, в зоні постійних робочих приміщеннях поруч з робочим місцем працівника.

17. Органи управління робота повинні бути закриті дверцятами, забезпеченими замками або пломбами, щоб уникнути регулювання і роботи на ньому сторонніх осіб.

18. Електрична апаратура і струмоведучі частини повинні бути надійно ізолювані і укриті в корпусі верстата або електрошафі і захищені від випадкового доступу до них обслуговуючого персоналу.

19. Робити огляд, ремонт, наладку електричного обладнання, приладів і проводів дозволяється тільки електротехнічному персоналу.

20. Повинна бути можливість зняття деталей вручну з робота для контролю під час роботи лінії.

21. Робочий простір робота необхідно позначати по підлозі смугою жовтого кольору на тлі контрастної смуги чорного кольору.

22. Для попередження людей, які входять на територію роботизованого комплексу, про його роботу в автоматичному режимі повинні бути встановлені світлові або колірні сигналізатори.

23. Неполадки і аварійні ситуації, що виникають в процесі експлуатації роботів, повинні щодня реєструватися в спеціальному журналі. Персонал, відповідальний за пошук несправностей, повинен бути навчений і мати спеціальний дозвіл на проведення подібних робіт.

					0515-23.00.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях.

1. При виникненні аварійної ситуації працівник зобов'язаний припинити роботу, негайно повідомити про те, що трапилось начальнику зміни (ділянки) і далі виконувати його вказівки щодо попередження нещасних випадків або усунення аварійної ситуації.

2. Працівники, які знаходились поблизу, за сигналом тривоги зобов'язані негайно з'явитися до місця події і взяти участь в наданні потерпілому першої долікарської допомоги або усунення виниклої аварійної ситуації.

3. При ліквідації аварійної ситуації необхідно діяти відповідно до плану ліквідації аварій.

4. При виникненні пожежі повідомити в пожежну охорону і керівнику робіт. Гасити палаючі предмети, що знаходяться на відстані менше 2 м від контактної мережі, дозволяється тільки вуглекислотними або порошковими вогнегасниками.

5. Гасити палаючі предмети водою, хімічними, пінними вогнегасниками можна тільки з дозволу начальника зміни, переконавшись в тому, що напруга з контактної мережі знято і вона заземлена.

Вимоги безпеки по закінченню роботи.

1.Знеструмте електропривід.

2.Привести в порядок своє робоче місце. Інструменти, пристосування та обтиральні матеріали прибрати у відведене для них місце. Ганчір'я і займисті матеріали, щоб уникнути самозаймання, прибрати в металеві ящики з щільними кришками.

3.Повідомити начальнику зміни про всі недоліки, які мали місце під час роботи, і про вжиті заходи щодо їх усунення.

4.Здати роботу працівнику, що прийшов на зміну (в разі безперервного технологічного процесу), повідомивши про виникаючі в процесі роботи проблеми.

					051Б-23.00.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.Зняти спецодяг, прибрати його в шафу, вимити руки та обличчя з милом, по можливості прийняти душ, застосовувати для миття хімічні речовини забороняється.

При роботі з обладнанням для розкатки кілець необхідно дотримуватися певної техніки безпеки. Ось кілька важливих аспектів, які варто враховувати:

1.Носіння захисного спорядження: Перед початком роботи завжди носіть необхідне захисне спорядження, таке як захисні окуляри, наколінники, робоча форма та чоботи з сталевими носками. Це захистить вас від потенційних травм.

2.Ознайомлення з інструкціями: Перед використанням обладнання уважно прочитайте та дотримуйтеся всіх інструкцій виробника. Розуміння правильних процедур та використання обладнання є критичним для безпечної роботи.

3.Навчання та підготовка: Пройдіть необхідну навчальну програму та наберіться вмінь та досвіду перед початком роботи з обладнанням. Зрозуміння правильних технік та процедур зменшить ризик травм та непередбачених ситуацій.

4.Запобігання перевантаженню: Визначте максимальні вагові обмеження та розміри кілець, які можуть бути оброблені обладнанням. Не перевантажуйте обладнання кільцями, які перевищують його вмістимість.

5.Увага до деталей: Перед початком роботи перевірте стан кілець та обладнання. Виявивши пошкодження або несправність, відремонтуйте або замініть елементи перед використанням.

6.Уникнення контакту: Ніколи не ставте руки або інші частини тіла поблизу рухомих деталей обладнання під час роботи. Завжди дотримуйтеся безпечної відстані та використовуйте відповідні інструменти для розташування та переміщення кілець.

					0515-23.00.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.Вимикання та блокування: Завжди вимикайте обладнання перед ремонтом, обслуговуванням або зміною налаштувань. Використовуйте функцію блокування або відключайте живлення, щоб унеможливити випадковий запуск обладнання.

8.Постійний нагляд: Залишайте обладнання під постійним наглядом під час роботи. Не залишайте його без нагляду, особливо якщо воно в робочому режимі або має активні рухомі частини.

9.Комунікація та співпраця: Якщо ви працюєте у команді, забезпечте ефективну комунікацію та співпрацю між учасниками. Дотримуйтеся встановлених процедур та звітуйте про будь-які проблеми або несправності.

10.Регулярне обслуговування: Регулярно проводьте обслуговування та перевірки обладнання, щоб переконатися, що воно працює належним чином. Виявлені проблеми або пошкодження повинні бути негайно виправлені.

11.Завжди дотримуйтеся техніки безпеки при роботі з обладнанням для розклатки кілець. Захист власної безпеки та безпеки інших працівників є найважливішим пріоритетом у виробничому середовищі.

					051Б-23.00.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

1. Розроблено автоматизовану систему пакування серветок за допомогою колаборативного робота UR5e для ПрАТ «ВГП» в картонні коробки по 10, 16 та 24 пачки.

2. Розроблено автоматизовану систему подачі та укладання кілець в печі гартування за допомогою колаборативного робота UR5 CB3.0 для ПрАТ «СКФ Україна».

3. Розроблено автоматизовану систему подачі кілець на обладнання для розклатки за допомогою колаборативного робота UR5 CB3.0 на ПрАТ «СКФ Україна».

4. Для даних процесів розроблено програми керування колаборативними роботами.

В четвертому розділі були розглянуті наступні питання:

- вимоги безпеки перед початком роботи;
- вимоги безпеки під час роботи;
- вимоги безпеки в аварійних ситуаціях.

					051Б-23.00.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальна методика розрахунку захватних пристроїв є актуальним завданням у проектуванні. Цей процес вимагає комплексного підходу та послідовного виконання наступних кроків:

1. Визначення вихідних даних для розрахунку та проектування ЗП робота для роботизованого комплексу (РКТ):

-Визначення рівня універсальності ЗП, який відповідає рівню універсальності РКТ: спеціальний, спеціалізований або універсальний;

-Врахування форми та розмірів утримуваних деталей, які повинні відповідати можливостям захвату робота;

-Врахування ваги деталей, яка повинна відповідати необхідній вантажності робота;

- вибір варіанту виконання промислового робота в РКТ;

- кінематико-конструктивні особливості робота;

- тип системи координат, в якій працює робот;

- особливості виконання робочої позиції верстата;

- особливості виконання подавального та приймального пристроїв та особливості розміщення в них оброблюваних деталей.

Щоб зрозуміти процес розрахунку і проектування захватного пристрою (ЗП) робота для роботизованого комплексу (РКТ), складається загальна методика, яка включає наступні кроки:

1. Визначення умов роботи ЗП у РКТ, що охоплює:

- Умови взяття та встановлення деталей в комплексі;

- Просторову орієнтацію ЗП у різних позиціях РКТ;

- Рухи ЗП між позиціями РКТ в повному циклі роботи;

- Просторову орієнтацію ЗП під час рухів робота;

- Режими переміщення ЗП з утримуваною деталлю.

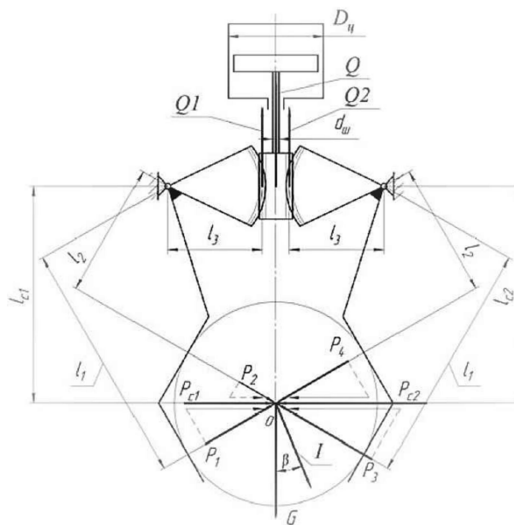
2. Складання розрахункової схеми ЗП, в якій вказуються:

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

0515-23.00.00.00.000.ПЗ

- Тип приводу, проміжні передачі та конструктивні особливості затискних важелів та захватних елементів;
- Просторова орієнтація ЗП згідно з циклом роботи;
- Варіанти дії сил інерції при транспортуванні деталей;
- Позначення параметрів розрахункової схеми;
- Складання рівнянь рівноваги утримуваної деталі згідно з розрахунковою схемою;
- Вирішення складених рівнянь для визначення окремих та сумарних сил затиску, які діють на утримувану деталь;

Аналіз отриманих рівнянь сил затиску та впливу конструктивних параметрів ЗП, таких як кути затискних призм (α) і приєднання (γ), діаметр деталей (D) та довжину затискних важелів (l), відстань між опорами (a) (Лист 2) (рисунок 2).



Розрахункова схема затискного механізму

За вибраними параметрами вирішуємо питання забезпечення необхідних сил затиску. Так, для прикладу рівняння рівноваги буде:

$$P_1 l_1 + P_2 l_2 + P_3 l_1 + P_4 l_2 = Q_1 \cdot l_3 + Q_2 \cdot l_3 = Q \cdot l_3; \quad (1)$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	0515-23.00.00.00.000.ПЗ				

Оскільки $Q_1 + Q_2 = Q$, необхідна сила на приводі з урахуванням коефіцієнту запасу сил затиску (k_c):

$$Q = P_c \cdot k_c \cdot \frac{l_c}{l_3} = P_p \cdot i_c; \quad (2)$$

де $P_p = P_c \cdot k_c$ - розрахункова сила затиску; (3)

i_c – передавальне відношення силового механізму.

За величиною сили на приводі визначаємо параметри приводу.

Отримане значення округляємо до ближнього стандартного значення.

Для захвата 1 обчислимо величину приводної сили Q .

Параметри захвата:

$$P_1 = 0,8 \text{ Н}\cdot\text{м}; P_2 = 0,32 \text{ Н}\cdot\text{м}; P_3 = 0,98 \text{ Н}\cdot\text{м}; P_4 = 0,82 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$l_1 = 98,2 \text{ мм}; l_2 = 43,3 \text{ мм}; l_3 = 29,8 \text{ мм}; l_c = 83,4 \text{ мм}$$

Обчислимо ліву частину з формули (1):

$$P_1 l_1 + P_2 l_2 + P_3 l_1 + P_4 l_2 = 0,8 \cdot 92,8 \cdot 10^{-3} + 0,32 \cdot 43,3 \cdot 10^{-3} + 0,82 \cdot 43,3 \cdot 10^{-3} = 0,1236 \text{ Н}$$

Обчисливши це значення далі отримаємо Q :

$$\text{звідси } Q = \frac{P_1 l_1 + P_2 l_2 + P_3 l_1 + P_4 l_2}{l_3} = \frac{0,1236}{29,8} = 0,0041 \frac{\text{Н}}{\text{м}};$$

Розрахуємо розрахункову силу тиску P_p з формули (3):

$$P_p = 23 \cdot 0,93 = 21,39 \text{ Н}$$

Далі знаходимо Q_1 з формули (2):

$$Q_1 = 21,39 \cdot 0,12 = 2,5668 \text{ Н}$$

Далі знаходимо Q_2 з формули (2):

$$Q_2 = 24,52 \cdot 0,18 = 4,4136 \text{ Н}$$

За врахуванням цих даних можна приступити до розрахунку параметрів захоплення.

1. Визначення зусиль захоплення:

					051Б-23.00.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Необхідне зусилля для захоплення кільця підшипника залежить від його ваги та властивостей матеріалу, а також від типу захоплюючого пристрою гріпера RG6. Використовуючи дані про вагу кільця підшипника, можна визначити необхідну силу затискання або тяги, яка забезпечить надійне захоплення.

- Величина зусиль захоплення також може залежати від деяких інших факторів, таких як тип поверхонь кільця підшипника, наявність покриття чи поверхневої обробки тощо. Ці фактори можуть вплинути на коефіцієнт тертя та необхідні зусилля для захоплення.

2. Визначення просторової орієнтації гріпера RG6:

- При проектуванні гріпера необхідно врахувати орієнтацію вісі та площини захоплюючого пристрою для ефективного захоплення кільця підшипника. Визначте вимоги до просторової орієнтації гріпера RG6 в позиціях взяття, утримання та звільнення кільця підшипника.

3. Визначення необхідних рухів гріпера RG6:

- Для повного циклу роботи гріпера необхідно визначити необхідні рухи захоплюючого пристрою між позиціями взяття, утримання та звільнення кільця підшипника. Врахуйте рухи, які забезпечать надійне захоплення, безпечне утримання та точне звільнення кільця підшипника.

4. Визначення режимів переміщення гріпера RG6:

- Для виконання умов взяття, утримання та звільнення кільця підшипника необхідно встановити необхідні режими переміщення гріпера. Врахуйте величину сили інерції та кут напрямку дії цієї сили при переміщенні гріпера.

5. Визначення конструктивних параметрів гріпера RG6:

- На основі вищенаведених вимог і розрахунків складіть розрахункову схему гріпера RG6, вказавши тип приводу, проміжні передачі, конструктивні особливості затискних важелів та захватних елементів. Позначте параметри розрахункової схеми.

					0515-23.00.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. Визначення рівнянь рівноваги утримуваного кільця підшипника:

- Складіть рівняння рівноваги для утримуваного кільця підшипника згідно з розробленою розрахунковою схемою гріпера RG6. Врахуйте сили затискання та їх вплив на утримуване кільце.

7. Аналіз функціональних можливостей гріпера RG6:

- Оцініть вплив конструктивних параметрів гріпера на його функціональні можливості, такі як точність захоплення, стійкість утримання та безпека застосування.

На робот діють зовнішні моменти у позитивному напрямі, і у негативному. Це відноситься до моменту утвореним від ваги робота і моментів, утворених вагою виробу у гріпері. Якщо програмний рух маніпулятора руки спрямовано вгору, то моменти від ваги складаються з моментом від ваги гріпера і направлені вони проти моменту обертання, а якщо ланка маніпулятора опускається вниз, зазначені моменти сумуються. Таке явище, що породжується силою тяжіння Землі, призводить до необхідності забезпечувати негативний обертовий момент.

Розберемо приклади конфігурації роботів.

1. Рука витягнута вперед на повну довжину, що дорівнює $L = 812$ мм і важить $G = 12$ кг. Руку можна подати як консольну балку з рівномірним навантаженням $F = 12 \cdot 9,8 = 117,6$ Н. Тоді крутний момент від ваги руки складе:

$$M_1 = FL/2 = 117,6 \cdot (0,812/2) = 47,7 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Тут $1 \text{ кг} = 9,8 \text{ Н}$ тоді плеча підняти руку на цей кут зможе. Обертальний момент плечового шарніра становить $272 \text{ Н}\cdot\text{м}$. На витягнутій руці робот зможе утримувати вантаж такої величини:

$$G = (272 - 47,7) / 9,8 = 22,8 \text{ кг}.$$

2. Руку можна підняти на кут $\varphi = 0 \dots 90^\circ$. У цій позиції руки сила від ваги розкладатиметься на дві складові: одна спрямована вертикально вниз, а

					0515-23.00.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інша спрямована вздовж осі руки. Тоді сила, що створює крутний момент M_2 рівною (при $\varphi = 45$ град).

Плече дії цієї сили визначимо так:

$$l = \sqrt{\frac{L}{4}} = \sqrt{\frac{0,406}{4}} = 0,22 \text{ м}$$

$$F_1 = F \cos\varphi = 117,6 \cdot 0,707 = 83,1 \text{ Н};$$

$$M_2 = F_1 \cdot l = 83,1 \cdot 0,22 = 18,2 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Маніпулятор руки з нахилом менше 90° дозволяє піднімати більший вантаж.

3. Визначимо момент опору зігнутої в лікті руки на 90° , якщо вона спрямована від корпусу вперед ($G_3 = 6$ кг, $l_3 = 0,219$ м):

$$M_3 = 9,81 \cdot 6 \cdot 0,219 = 12,9 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

4. Визначимо зусилля руки, спрямоване по прямій лінії корпусу.

У цьому положенні в руці одночасно задіяні два шарніри - у плечі та у лікті. Відомо, що $M_1 = 272$ Нм, $M_3 = 136$ Нм, ланка зап'ястя розташована під кутом 45° до вертикалі, а ланка ліктя розташована під кутом 45° до горизонталі.

$$F_4 = (M_{1рп}/l_{1гг})\cos\varphi_1 + (M_{3рп}/l_{3рп})\cos\varphi_2 = (272/0,374)0,7 + (136/0,438)0,7 = 726 \text{ Н};$$

$$F_4 = 726/9,81 = 74 \text{ кг}.$$

Зусилля F_4 збільшуватиметься при зменшенні кута і навпаки.

5. Визначимо перекидальний момент РАП-2, вага якого $G_5 = 100$ кг під час крокування, при якому корпус нахилиється вперед на кут 10° .

$$F = 100 \cdot 9,81 \cos 10^\circ = 961 \text{ Н};$$

$$M = 961 \cdot 1,086 \sin 10^\circ = 166 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

$L = 1086$ м - відстань від ЦМ до площини ноги. Такий момент мають компенсувати шарніри стопи та шарніри руки.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

051Б-23.00.00.00.000.ПЗ

6. Визначимо питомий тиск стопи на ґрунт, вага якого становить $G = 100$ кг, а площа стопи $200 \cdot 100$ мм.

$$q = 100/0,02 = 5 \cdot 10^3 \text{ кг/м}$$

7. Цікавим є питання, при якому тиску здатний рухатись без вантажу у схваті в момент опору $M_c = 47,7$ Нм від ваги руки.

Відомо, що крутний момент модульного приводу:

$$M = pbz\eta(D^2 - d^2)/8 \text{ Нм,}$$

де p – тиск нагнітання ГР = 2МПа;

D – внутрішній діаметр циліндра = 0,08 м;

d – діаметр валу = 0,03 м;

z – число лопатей = 2;

η – повний ККД = 0,72;

b - Довжина лопатей по осі циліндра = 0,14 м.

$$M_1 = 2 \cdot 10^6 \cdot 0,08 \cdot 2 \cdot 0,72 (0,08^2 - 0,03^2)/8 = 136 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Обертальний момент $M_{вр} = 272$ Нм.

					051Б-23.00.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ім'я користувача:
Роман Полінкевич

Дата перевірки:
11.06.2023 17:06:49 EEST

Дата звіту:
11.06.2023 17:07:21 EEST

ID перевірки:
1015548779

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library + DB

ID користувача:
100004530

Назва документа: 2023_131_Троцюк А.І

Кількість сторінок: 50 Кількість слів: 7157 Кількість символів: 52957 Розмір файлу: 4.78 MB ID файлу: 1015201126

8.87%

Схожість

Найбільша схожість: 5.34% з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: 110293)

6.22% Джерела з Інтернету	42	Сторінка 52
6.62% Джерела з Бібліотеки	125	Сторінка 53

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

0%

Вилучень

Немає вилучених джерел

Міністерство освіти і науки України
Луцький національний технічний університет

**Рецензія
на кваліфікаційну роботу**

Здобувач вищої освіти: Троцюк Антоній Ігорович

Тема: Проектування роботизованої системи автоматизованої подачі кілець підшипників в процесі розкатки та гартування на ПрАТ «СКФ Україна»

Коротка характеристика кваліфікаційної роботи: Робота присвячена вирішенню задач з автоматизації виробничих процесів, що пов'язані з створенням роботизовано-технічних комплексів для безперервного функціонування без втручання. У роботі розглянуто особливості використання колаборативних роботів на виробництві.

Самостійні розробки і пропозиції автора: Автор розробив роботизовано-технічні комплекси та програми для керування ними.

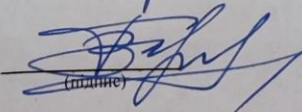
Практичне значення роботи: Результати роботи стосуються покращення та полегшення виробничих процесів шляхом їхньої автоматизації за допомогою колаборативних роботів.

Недоліки: Як недолік можна відзначити відсутність експериментальних та виробничих випробувань результатів розробки

Загальний висновок: Результати роботи містять теоретичні та практичні аспекти розробки роботизованої автоматизованої системи. Вважаю, що робота виконана на високому кваліфікаційному рівні і заслуговує на оцінку «відмінно».

Рецензент: Біран Валерій Миколайович
(прізвище, ім'я, по-батькові, посада)
Нач. ТКВ СКФ Україна

Рецензент кваліфікаційної роботи


(підпис)

«26» травня 2023 р.

Рецензія
на кваліфікаційну роботу

Здобувач вищої освіти: Троцюк Антоній Іорович

Тема:

Троєкування роботизованої системи автоматизованої надраї кілець підшипників в процесі розкятки та циркування на Тр АТ, СК Ф України

Коротка характеристика кваліфікаційної роботи: Робота присвячена вирішенню завдання з автоматизації виробничих процесів, що пов'язані з створенням роботизовано-технічних комплексів для безперервного функціонування без втручання. У роботі розглянуто особливості використання колаборативних роботів на виробництві.

Самостійні розробки і пропозиції автора: Автор розробив роботизовано-технічний комплекс та програмне керування килем.

Практичне значення роботи: Результати роботи стосуються покращення та оптимізації виробничих процесів шляхом їхньої автоматизації за допомогою колаборативних роботів.

Недоліки: Відсутність експериментальних та виробничих випробувань результатів роботи.

Загальний висновок: Результати роботи містять теоретичні та практичні аспекти розробки роботизованої автоматизованої системи. Вважаю, що робота виконана на високому кваліфікаційному рівні і заслуговує на оцінку „відмінно“.

Рецензент: Мороз Серій Анатолійович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по-батькові, посада)

Рецензент кваліфікаційної роботи


(підпис)

«26» Гравня 2023 р.

Міністерство освіти і науки України
Луцький національний технічний університет

Факультет

Транспорту та механічної інженерії

Кафедра

прикладної механіки та мехатроніки

ВІДГУК

КЕРІВНИКА НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Здобувач вищої освіти

Трошак Антоній Ігорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

група 1М-41

Тема кваліфікаційної роботи

Проектування роботизованої системи автоматизованої подачі кілець підшипників в процесі розкатки та гартування на ТРАТ „СКФ Україна“.

Керівник Тридальський Борис Іванович

Актуальність теми: робота спрямована на вирішення проблем пов'язаних з підвищенням рівня автоматизації виробничих процесів шляхом покращення рішень функціонування роботизованих технічних комплексів шляхом вирішення та покращення можливостей взаємодії з людиною.

Об'єкт дослідження

розробка основних аспектів функціонування роботизованої системи з метою про покращення якості виконання та кривизни окремих етапів виробничих процесів і зокрема програми керування колаборативними роботами.

Характеристика теоретичного рівня, наявності самостійних розробок і практичної значимості роботи: здобувач запропонував та розробив ряд рішень, що включають для можливості виконання завдань, які вимагають жорсткої даної роботи. Автор продемонстрував здатність до самостійного виконання поставлених завдань. Окремі результати роботи мають практичне значення і можуть бути застосовані на виробництві.

Зауваження та недоліки

У роботі чітко не представлена інформація про можливості та характеристики основних з аспектів реалізації, запропонованих підходів у взаємодії з різними типами технологічного обладнання.

Загальний висновок: робота спрямована на покращення реальних виробничих процесів,

Керівник

Тридальський Борис Іванович
(підпис)

Тридальський Борис Іванович
(прізвище, ім'я, по батькові)

«26» травня 2023 р.

що застосовуються на підприємствах регіону та області і може бути представленою до захисту. Заслужує оцінку „добре“

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПОДАННЯ
ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ
ЩОДО ЗАХИСТУ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА

Направляється здобувач ТРОЦЬОК А.І. до захисту кваліфікаційної роботи

за спеціальністю 131 Прикладна механіка
(шифр і назва спеціальності)

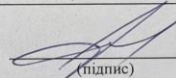
Освітня програма «Прикладна механіка»

на тему: Проектування роботизованої системи автоматичної подачі
(назва теми)

кілець підшипників в процесі розкатки та гартування на ПрАТ "СКФ Україна"

Кваліфікаційна робота і рецензія додаються.

Декан факультету транспорту та механічної інженерії


(підпис)

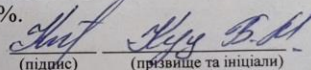
Довідка про успішність

ТРОЦЬОК А.І. за період навчання в університеті, на факультеті

(прізвище та ініціали здобувача)

з 2019 року до 2023 року повністю виконав
індивідуальний навчальний план за спеціальністю і освітньою програмою з таким розподілом оцінок за:
національною шкалою: відмінно 58%, добре 4%, задовільно —%;
шкалою ECTS: A 58%; B —%; C 4%; D —%; E —%.

Секретар факультету


(підпис) (прізвище та ініціали)