

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Механіко-машинобудівний інститут
Кафедра конструювання машин

«На правах рукопису»
УДК 621.9

До захисту допущено:
Завідувач кафедри
_____ Юрій ДАНИЛЬЧЕНКО
«__» грудня 2020 р.

Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра
за освітньо-професійною програмою «Інструментальні системи
інженерного дизайну»
зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»
на тему: «Вимірювальний маніпулятор»

Виконав:
студент VI курсу, групи МІ-92мп
Сологуб Роман Юрійович

Науковий керівник:
доцент, к.т.н.
Солодкий Валерій Іванович

Консультант з _____:

Рецензент:

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.
Студент (-ка) _____

Київ – 2020 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Механіко-машинобудівний інститут
Кафедра конструювання машин

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

Освітньо-професійна програма «Інструментальні системи інженерного дизайну»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Юрій ДАНИЛЬЧЕНКО

«___» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Сологубу Роману Юрійовичу

1. Тема дисертації «Вимірювальний маніпулятор», науковий керівник дисертації Солодкий Валерій Іванович, доц., к.т.н, затверджені наказом №3205-С по університету від 3.11.20 р.
2. Термін подання студентом дисертації: 15 грудня 2020р.
3. Об'єкт дослідження: маніпулятор для конвеєрних систем
4. Вихідні дані: Вимірювальний маніпулятор з системою датчиків, необхідність підвищені ефективного використання площі робочого приміщення.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити: аналіз існуючих маніпуляторів, концепцію проекту, проектування елементів маніпулятора, підбір технологічного забезпечення для виготовлення необхідних деталей, розробка стартап-проекту.
6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: аналіз існуючих маніпуляторів, аналіз рами маніпулятора, кресленики збірок вузлів, принципові схеми деяких елементів та збірок, економічна привабливість.
7. Орієнтовний перелік публікацій: тези доповіді на конференції та стаття за темою дисертації

8. Консультанти розділів дисертації*

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

9. Дата видачі завдання 2.09.2019р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Аналіз питання та огляд існуючих рішень	01.11.2019	
2	Концепція проекту	14.02.2020	
3	Проектування елементів маніпулятора	06.04.2020	
4	Технологічне забезпечення виготовлення маніпулятора	12.09.2020	
5	Аналіз економічної доцільності та стартап-проект	01.12.2020	
6	Оформлення дисертації та підготовка презентації доповіді	14.12.2020	

Студент

Роман СОЛОГУБ

Науковий керівник

Валерій СОЛОДКИЙ

* Якщо визначені консультанти. Консультантом не може бути зазначено наукового керівника магістерської дисертації.

АНОТАЦІЯ

Сологуб Р.Ю. Вимірювальний маніпулятор.

Дисертація на здобуття освітнього рівня магістр за спеціальністю 131 – Прикладна механіка. – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» ім. І. Сікорського. – Київ, 2020.

На основі аналізу ринку та конструкцій промислових роботів, була запропонована нова конструкція вимірювального маніпулятора з підвісним розміщенням для використання на конвеєрних лініях. Також запропоновано використання датчиків, на основі їх аналізу, та спроектовано кріплення для них.

Проведено аналіз напружено-деформованого стану рами та направляючих для підвісного розміщення в CAD системах. Виконано підбір електродвигунів, аналіз інтеграцій існуючих рішень, проектування елементів промислового робота.

Проведено аналіз ринку на базі стартап-проекту.

ABSTRACT

Sologub R.Y. Measuring manipulator.

The dissertation on competition of educational level the master on a specialty 131 - Applied mechanics. - National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute" named after I. Sikorsky. - Kyiv, 2020.

Based on the analysis of the market and designs of industrial robots, a new design of a measuring manipulator with suspended displacement for use on conveyor lines was proposed. It is also proposed to use sensors, based on their analysis, and designed mounts for them.

The analysis of the stress-strain state of the frame and guides for suspension placement in CAD systems is carried out. Selection of electric motors, analysis of integrations of existing solutions, design of elements of industrial robot are performed.

The market analysis is carried out on the basis of the startup project.

РЕФЕРАТ

Актуальність дослідження. Використання маніпуляторів та промислових роботів на сьогоднішній день набуло широкого розповсюдження. Їх використовують на різних підприємствах та дані роботи мають широкий спектр можливостей. Зокрема роботи надають компаніям такі можливості та переваги: збільшення економічної ефективності підприємства, відсутність людського фактору тощо.

На ринку промислових роботів представлена велика кількість роботів самого широкого спектру застосування. Головними недоліками даних роботів є відсутність датчиків для розпізнавання габаритних розмірів товарів, неефективне використання робочої площі та висока ціна.

Мета та задачі дослідження. Метою дослідження є покращення ефективного розміщення маніпуляторів за рахунок модифікації конструкції, підвищення їх ефективності за рахунок встановлення датчиків.

Для досягнення мети було поставлено наступні задачі:

1. Аналіз існуючих рішень.
2. Побудувати модель рами та розрахувати її на міцність.
3. Провести аналіз існуючих датчиків виміру довжини та габаритів.
4. Провести проектування маніпулятора
5. Провести аналіз економічної доцільності у вигляді стартап-проекту.

Об'єкт дослідження – прилад для виміру габаритних розмірів товарів на конвеєрних лініях

Предмет дослідження - атоматизація процесу вимірювання товарів на конвеєрних лініях

Практичне значення отриманих результатів. На основі проведених досліджень, було спроектовано новий вимірювальний маніпулятор для використання на конвеєрних лініях із функцією вимірювання габаритних розмірів товару із подальшим фасуванням на палети.

Публікації та доповіді на конференціях. Результати магістерської дисертації доповідались:

- Сологуб Р. Ю. Вимірювальний маніпулятор в системах логістики [Електронний ресурс] / Р. Ю. Сологуб, В. І. Солодкий // ІННОВАЦІЇ МОЛОДІ В МАШИНОБУДУВАННІ 2020. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <http://imm-mmi.kpi.ua/imm2020/paper/view/21496>.
- Панасюк О. С. Удосконалення вимірювальних маніпуляторів [Електронний ресурс] / О. С. Панасюк, Р. Ю. Сологуб, Д. О. Красновид //
- ІННОВАЦІЇ МОЛОДІ В МАШИНОБУДУВАННІ 2020. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <http://imm-mmi.kpi.ua/imm2020/paper/view/21570>.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1. АНАЛІЗ ПИТАННЯ ТА ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ	6
1.1 Існуючі види маніпуляторів	6
1.1.1 Маніпулятор KUKA KR 60 HA	13
1.1.2 Маніпулятор YASKAWA MOTOMAN GP215	14
1.1.3 Маніпулятор Fanuc M2000iA/900L	15
1.1.4 Маніпулятор ABB IRB 6640	17
1.1.5 Висновки	18
1.2 Проблематика сучасних маніпуляторів	19
1.3 Вирішення існуючих проблем	21
1.3.1 Аналіз датчиків довжини	21
1.3.2 Аналіз ефективного використання робочої площі	25
1.4 Висновок	27
2. КОНЦЕПЦІЯ ПРОЕКТУ ТА ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ВІМІРЮВАЛЬНОГО МАНІПУЛЯТОРА	28
2.1 Вхідні параметри для конструювання рами	28
2.2 Вибір профілю та конструювання рами	29
2.3 Проектування елементів маніпулятора	31
2.4 Проектування систем вимірювання	37
2.5 Аналіз напружено-деформованого стану рами	43
2.6 Висновки	47
3. ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВІМІРЮВАЛЬНОГО МАНІПУЛЯТОРА	48
3.1 Технологічне забезпечення виготовлення рами вимірювального маніпулятора	48
3.2 Загальний огляд технологічного забезпечення виготовлення деталей маніпулятора та інтеграція існуючих рішень	54
3.2.1 Інтеграція існуючих рішень	54
3.2.2 Загальний огляд технологічного забезпечення деталей маніпулятора	56
3.2.3 Загальний огляд технологічного забезпечення виготовлення захвату	61

3.3 Підбір електродвигунів	67
3.4 Технологія виготовлення кріплення для 3Д сканера	71
3.5 Механізм повороту системи маніпулятора	73
3.6 Деталь 3Д друку.....	76
3.7 Розрахунок точності вимірювального маніпулятора	80
4. СТАРТАП ПРОЕКТ	82
4.1 Опис ідеї проекту.....	82
4.2 Технологічний аудит проекту.....	83
4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	84
4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту	89
4.5 Маркетингова програма стартап-проекту	91
4.6 Висновки за StartUp - проектом.....	93
Список джерел.....	94
ДОДАТОК А.....	96
ДОДАТОК Б	105

ВСТУП

Промислові роботи – роботизовані машини, які виконують функції захоплення та перенесення товарів, повороту та механічного оброблення деталей. Типове застосування роботів стосується таких операцій, як зварювання, фарбування, складання, вибірка та встановлення, пакування, контроль продукції та випробування, котрі виконуються з високою надійністю, швидкістю, і точністю.

Використання роботів з плином часу все зростало, а сфера їх застосування розширялась. Найбільша частина промислових роботів застосовується на виробництві.

Перші роботи з'явилися в США в 60-х роках минулого століття. Промисловий робот був оснащений двопальцевим пристроєм для захоплення на пневмоприводі «рукою» на гідроприводі з п'ятьма ступенями свободи. Його характеристики дозволяли переміщати 12-кілограмову деталь із точністю до 1,25 мм. «Розумна» машина запам'ятовувала координати точок свого маршруту й виконувала роботу згідно з програмою. Такі промислові роботи, яких можна вважати роботами першого покоління, у вартісному вираженні містили 75 % механіки і 25 % електроніки.

Кожного року попит на роботів зростає у зв'язку з бажанням все більшого числа компаній механізувати свої підприємства для виключення з роботи людського фактору та підняття економічної ефективності підприємства.

Хоч робот є доволі дорогим, його використання все ж має більше переваг ніж використання робочої сили, оскільки роботам для праці не потрібно перерва, соціальний пакет, сон тощо. Робот може працювати роками без необхідності в сервісі.

В Україні часто застосовують б/у та відновлені промислові роботи, але деякі виробники обирають нові агрегати з Японії, США, Німеччини, Швеції та Швейцарії. Тенденція до збільшення придбання й впровадження їх визначена чітко, попит на послуги інтеграції повільно зростає.

У дипломному проекті було спроектовано новий вимірювальний маніпулятор із системою датчиків для вимірювання габаритів транспортуючих товарів та подальшого розміщення на палети. У якості вимірювальної системи вибрано датчик довжини та 3Д сканер габаритних розмірів та розроблено кріплення для них. Спроектовано захват та ланки маніпулятора, а також рама, мотори, та елементи, інтегровані з інших компаній.

Завершенням роботи є розробка стартап-проекту для оцінки сприятливості ринку та доцільності виготовлення та збуту даної продукції.

1. АНАЛІЗ ПИТАННЯ ТА ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ

1.1 Існуючі види маніпуляторів

Маніпулятори (промислові роботи) - спеціальні механізми, що керують в просторі об'єктами і знаряддями праці. (Рис 1.1). Вони можуть включати два види рухливих ланок, які служать для виконання поступальних рухів і переміщень під кутом. Щоб ланки прийшли в рух застосовується один з видів приводів - електричний, пневматичний або гідравлічний.

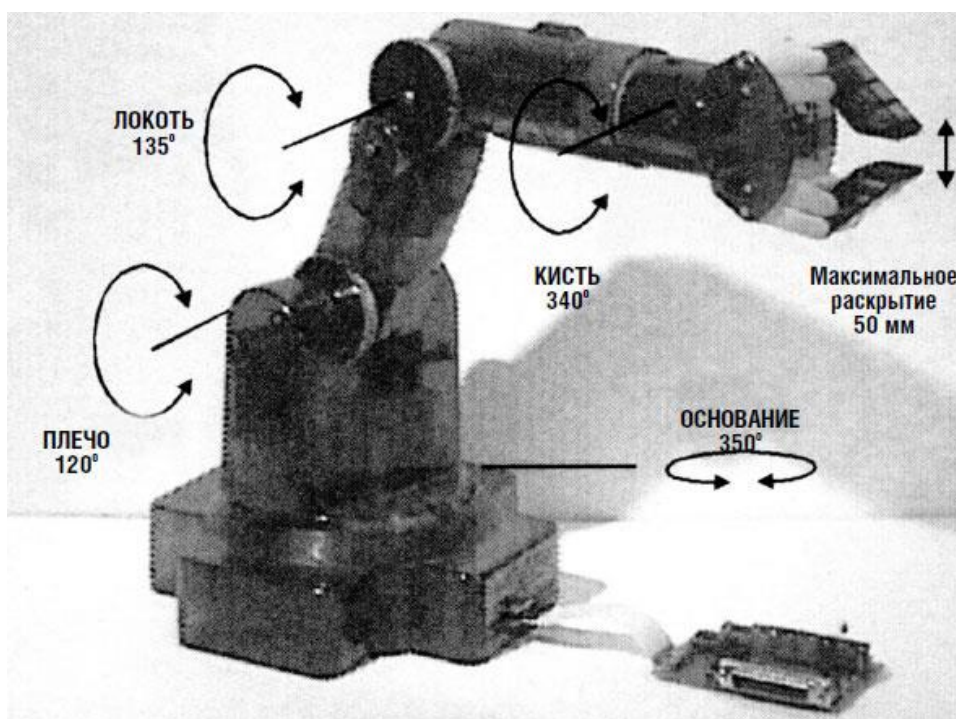


Рис. 1.1 Схема роботи стандартного маніпулятора

Кожний із приводів має як переваги, так і недоліки. Дані приводи працюють за рахунок створення тиску у робочій рідині. Про гідропривід можна відмітити властивості:

Переваги

- можливість отримання великих сил та моментів;
- плавність рухів;
- просте керування;
- стійкість до перевантажень;

- передача великих потужностей.

Серед недоліків гідроприводів:

- чутливість до в'язкості робочої рідини;
- нижчий ККД у порівнянні з механічними передачами у приводах;
- мають меншу швидкість реагування на команди, порівняно з електричними.

Серед приводів доволі часто застосовуються пневмоприводи, які працюють за рахунок створення тиску, за допомогою газу.

Переваги газових приводів:

- відсутність необхідності повертати робочу речовину(повітря), у порівнянні з гідроприводами;
- простота та висока економічність ;
- висока швидкість спрацювання;
- менша чутливість до зміни температури навколишнього середовища, у порівнянні з гідроприводами.

Недоліками пневмоприводів є:

- нижча ККД ніж у гідропривода;
- погані умови змащування поверхонь тертя;
- низькі точність спрацювання і плавність ходу, складність забезпечення заданого закону руху вихідної ланки пневмодвигуна.

Електроприводи – найчастіше використовувані приводи.

Їх переваги:

- високий ККД;
- можливість виготовлення електропривода, під різні потужності та умови роботи;
- простота встановлення;
- висока точність ;

Недоліки:

- низький гальмівний момент;
- дороговизна;

За своєю структурою маніпулятор - багатозвенна машина, між окремими елементами якої існують механічні зв'язки. У конструкціях маніпуляторів, в залежності від призначення, використовуються різні послідовності ланок, з'єднаних між собою обертовими / поступальними парами.

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

Маніпулятор за своїм функціональним призначенням повинен забезпечувати переміщення об'єкта маніпулювання в просторі по заданій траєкторії і за заданою орієнтацією. Для повного виконання цієї вимоги основний механізм маніпулятора повинен мати не менше шістьох ступенів свободи (Рис. 1.2).

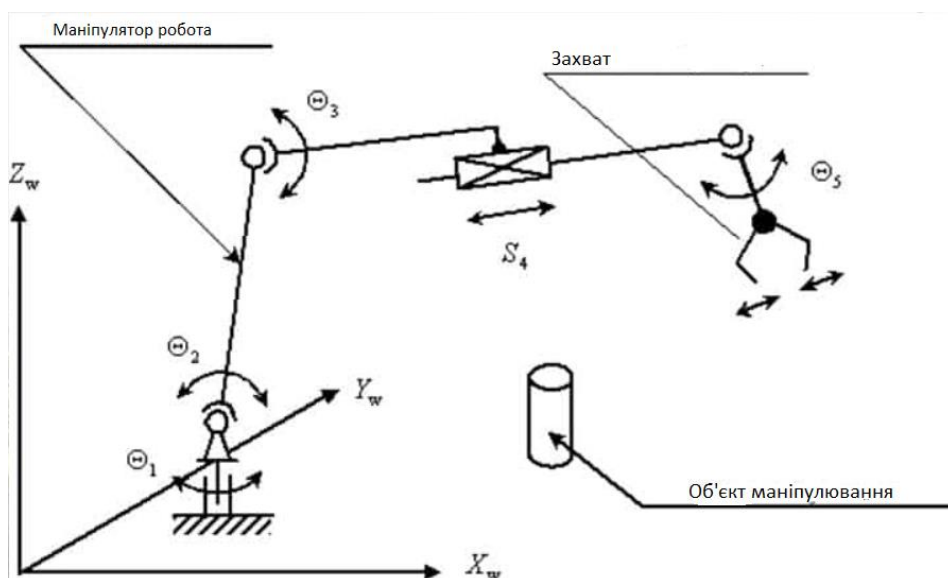


Рис. 1.2 Кінематична схема роботи маніпулятора

Однак, маніпулятори з шістьма ступенями свободи складні як у виготовленні, так і в експлуатації, тому в реальних конструкціях використовується менше шістьох ступенів рухливості. Найбільш прості маніпулятори мають три, рідше дві, ступені свободи, що здешевлює і спрощує конструкцію. [1]

Кожен автоматичний робот має певну систему управління. За цим фактором їх можна розподілити на чотири види.

Програмні роботи

Програмні роботи (роботи, які запрограмовані на конкретний цикл рухів та з відсутністю сенсорного управління). Рис 1.3

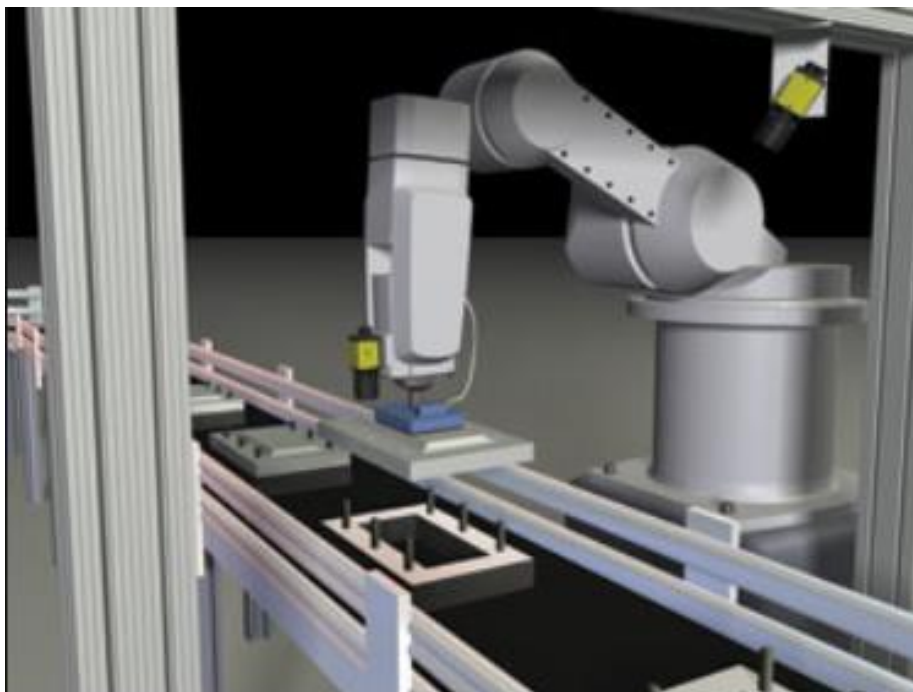


Рис. 1.3 Програмний робот

Адаптивні роботи

Адаптивні роботи (роботи, які мають певний набір датчиків, тобто сенсорне управління, і можуть, в залежності від конкретної ситуації прийняти рішення про виконання однієї чи іншої дії). Рис 1.4

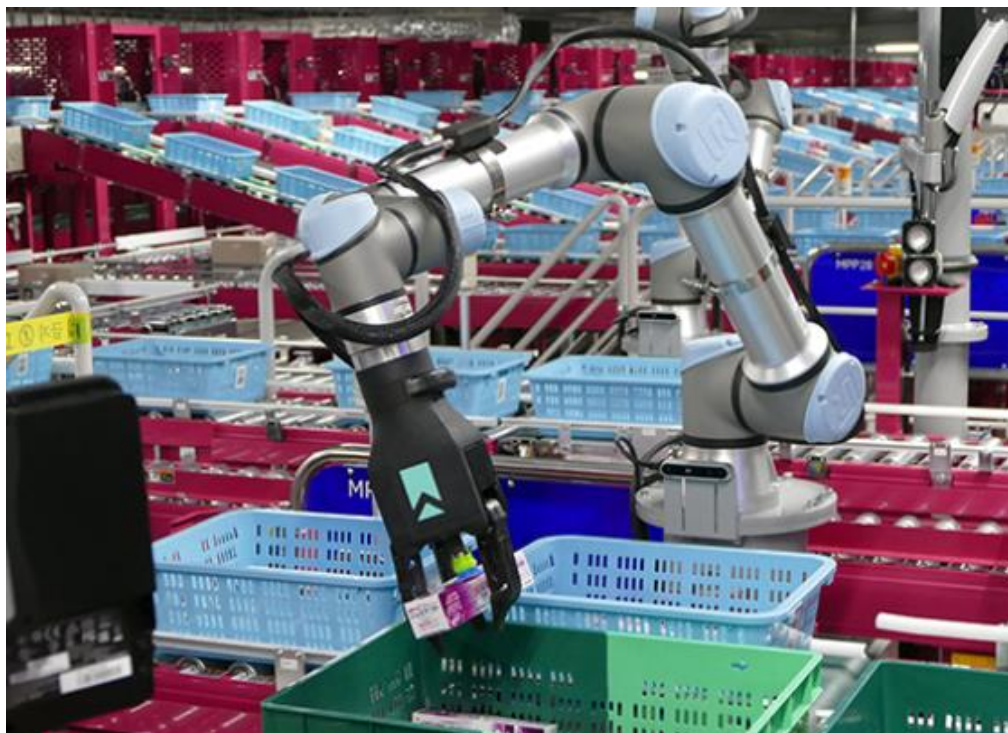


Рис. 1.4 Адаптивний робот

Навчальні роботи

Роботи, яких навчають (маються на увазі, ті, дії яких, повністю формуються в ході навчання, програмуються людиною на певні дії, цикли за допомогою плати). Рис 1.5



Рис. 1.5 Роботи навчані

Інтелектуальні роботи

Інтелектуальні (роботи з елементами штучного інтелекту) Рис 1.6



Рис. 1.6 Інтелектуальний робот

У промислових роботів, що розглядаються є відмінна риса, яка робить їх маніпуляторами це - робочий орган. Робочий орган промислових роботів залежить від їх призначення, це може бути: певний інструмент, захват, розпилювач тощо. У нашому випадку об'єктом уваги являється захват. Захват – робочий орган, який використовується для фіксування об'єкту маніпулювання, та утриманні його під час перенесення – транспортування.

За способом утримання об'єкта захвати поділяють на:

- хапаючі (пневмо- та гідрозахвати)(Рис. 1.7)
- підтримуючі (працюють за допомогою піднімання на площині, або за рахунок отворів у деталях)(Рис 1.8)
- утримуючі (вакуумні, магнітні, електростатичні захвати)(Рис 1.9)

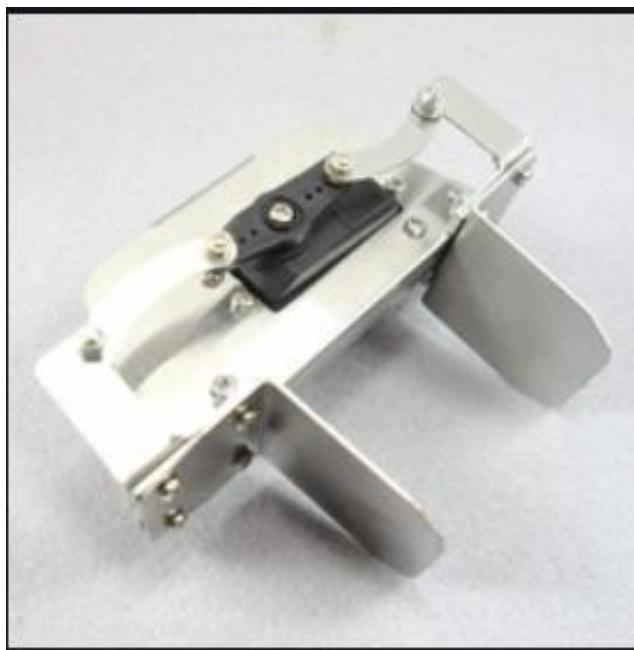


Рис. 1.7 Хапаючий захват



Рис. 1.8 Підтримуючий захват



Рис. 1.9 Утримуючи захват

Функціями промислових роботів являються: обслуговування верстатів, збірка деталей, операції оброблювання деталей, ковка, штампування та ін. Роботи, які надалі розглядаються у нашій роботі, виконують не менш важливу функцію – перенесення деталей, запакованих виробів, речовин тощо.

Використання роботів- маніпуляторів надає підприємствам ряд переваг:

- підвищення конкурентноспроможності
- відсутність людського фактору
- підвищення продуктивності праці
- зниження строків окупності інвестицій
- раціональне використання промислового приміщення та техніки

Ринок промислових роботів зростає кожного року і лідером на ньому являється Японія, яка кожного року виробляє більше 70 тис. роботів, половину яких продає за кордон. Також країнами виробниками є Німеччина, США, Китай, Швейцарія. Компанії, які виготовляють дану продукцію, такі як : Fanuc, ABB, KUKA, KNN, Yaskawa.

1.1.1 Маніпулятор KUKA KR 60 HA

Kuka Roboter[2] – німецька компанія, яка спеціалізується на виготовленні промислових роботів під різні задачі. Компанія являється однією з трьох ведучих компаній по виготовленню промислових роботів у світі та ведучою в Європі. Основними задачами даних машин є обробка матеріалів та завантаження та розвантаження вантажних автомобілів.

Однією з найцікавіших розробок компанії є шестиосевий робот KUKA KR 60 HA – якого можна зустріти у багатьох галузях промисловості, завдяки його універсальності. KUKA KR 60 HA (Рис 1.3) – робот, який добре підходить для піднімання та переміщення вантажів до 60кг.



Рис. 1.3 Маніпулятор KUKA KR 60 HA

Характеристики:

- радіус роботи 2.1 м
- корисне навантаження 60 кг
- точність повтору положення $\pm 0.05\text{мм}$
- монтажні позиції: стеля, пол, стіна

Серед його переваг можна відмітити високу точність повтору положення та швидкість роботи, а з недоліків малу вантажопідйомність.

1.1.2 Маніпулятор YASKAWA MOTOMAN GP215

Yaskawa Electric[3] – провідна японська компанія по виготовленню промислових роботів. За 100-річну історію компанії, її рішення в області автоматизації допомогли піднятися на новий рівень різним галузям промисловості, таким як: гірничодобувна промисловість, верстатобудування, сфера виготовлення упаковки, деревообробна промисловість, текстиль та багато інших.

Особливу увагу серед виробів компанії привертає робот для завантаження серії Motoman(Рис. 1.4).



Рис. 1.4 Маніпулятор YASKAWA MOTOMAN GP215

Motoman GP 215 – робот, який підходить для виконання переміщення вантажу завдяки вантажопідйомності в 215 кг та радіусу робочої зони, яка дорівнює майже 3м, що видно з Рис. 1.5. Також він має точність повтору 0.2мм.

Роботи компанії Yaskawa працюють на багатьох провідних підприємствах світу. Модельний ряд Motoman складається з 175 роботизованих моделей і 40 повністю інтегрованих готових рішень, які можна застосувати для специфічних завдань (в тому числі обладнання для безпеки).

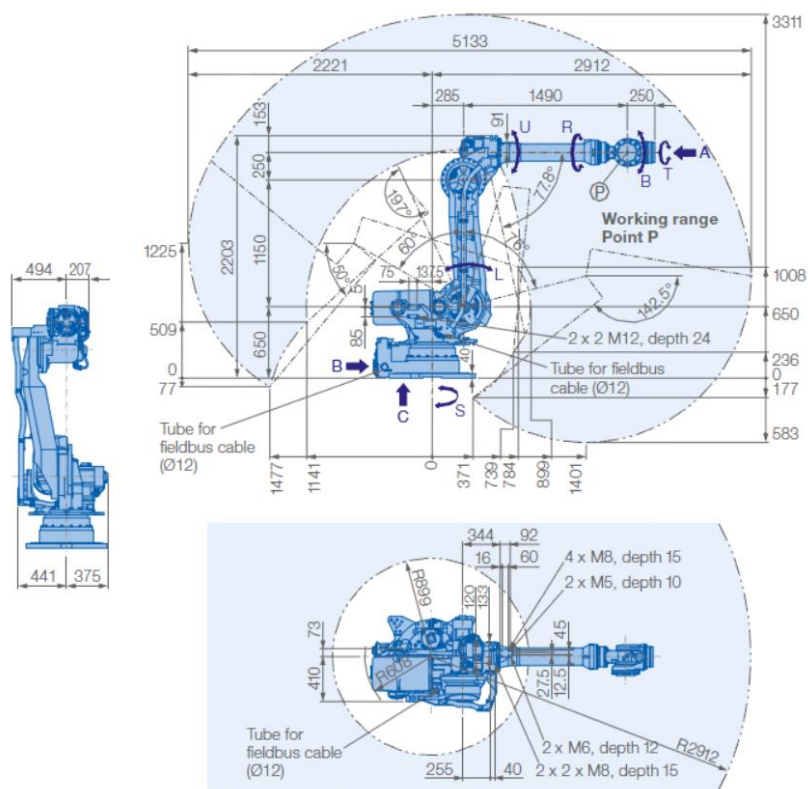


Рис. 1.5 Схема YASKAWA MOTOMAN GP215

Характеристики:

- корисне навантаження 215 кг
- радіус робочої зони 2912мм
- точність повтору 0.2мм
- вертикальний підйом 2.9 м

Серед його переваг можна відмітити великий показник радіуса робочої зони, а з недоліків малу вантажопідйомність

1.1.3 Маніпулятор Fanuc M2000iA/900L

Компанія FANUC[4] - один з лідерів світового ринку промислової автоматизації, верстатобудування, числового програмного керування і робототехніки. Виробник з'явився в 1956 році, і вже в 1972-му представив свого першого промислового робота. У FANUC є власні лабораторії та дослідницькі центри, виробництва, а також випробувальні майданчики, локалізовані біля підніжжя японської гори Фудзі.

Один з найцікавіших роботів компанії є Fanuc M2000iA/900L (Рис 1.6). Має характеристики:

- досяжність 4.6м
- вантажопідйомність 900 кг
- точність повтору ± 0.27 мм

Завдяки ним він являється одним з лідерів, при виборі маніпулятора для переміщення продукції.



Рис 1.6 Маніпулятор Fanuc M2000iA/900L

Цей робот для роботи з великими вантажами відрізняється неймовірною висотою підйому - 6200 мм - і горизонтальної досяжністю 4680 мм, що дозволяє працювати навіть з найбільшими виробами. Це являється його основною

перевагою наряду з його вантажопідйомністю. Недоліком даного робота являється його ціна в порівнянні з іншими роботами – 200 тис. дол.

1.1.4 Маніпулятор ABB IRB 6640

ABB (Asea Brown Boveri Ltd.)[5] - шведсько-швейцарська компанія, що спеціалізується на галузі електротехніки, енергетичного машинобудування та технологічної автоматизації. Діяльність ABB розділяється на ключові напрямлення:

- Power Systems - підрозділ спеціалізованого виробництва на постачання та виробництво комплексної системи для передачі розподілу електричної енергії;
- Департамент низьковольтних продуктів, що спеціалізується на виробництві низьковольтного розподільного обладнання, силових автоматичних вимикачів;
- Дискретна автоматизація та рух розділів, що спеціалізуються на виробничих системах автоматизації та промисловому обладнанні.

Серед великої кількості промислових машин можна виділити ABB IRB 6640 – робот призначений для переміщення вантажу та інших високоточних операцій.

Характеристики:

- вантажопідйомність 130-235 кг (в залежності від комплектації)
- радіус захвату 2.5м -2.8м (в залежності від комплектації)
- точність – 0.66мм

З переваг даного робота слід відмітити вантажопідйомність та радіус захвату, а з мінусів точність, яка загалом є непоганою але відрізняється від всіх об'єктів, які ми розглянули.



Рис 1.7 Маніпулятор ABB IRB 6640

1.1.5 Висновки

За результатами попереднього огляду, можна зробити висновки про переваги та недоліки роботів, яких ми розглянули. Для зручності, данні занесемо до таблиці 1.1.

Ми розглянули 4 роботи-маніпулятори чотирьох різних компаній з різних куточків світу. Кожен робот має свої переваги та недоліки. Розглянемо загальні характеристики, які об'єднують усі чотири маніпулятори, а саме:

- можливість установки на підлогу, стіну та стелю
- ступінь захисту зап'ястя від води та пилу IP67
- ступінь захисту зап'ястя від води та пилу IP54/IP56
- кількість осей - 6

Дані характеристики об'єднують усі чотири маніпулятори.

Наступні данні відрізняються і визначають необхідність використання того чи іншого робота на підприємстві. Щоб зробити аналіз робіт розглянемо таблицю:

Таблиця 1.1 Технічні показники робіт

Назва	Робоча зона (м)	Точність (+-мм)	Швидкість повтору (град за с.)	МАХ вага вантажу (кг)
KUKA KR 60 HA	2.1	0.05	140	60
YASKAWA MOTOMAN GP215	2.9	0.2	100	255
Fanuc M2000iA/900L	4.6	0.27	80	900
ABB IRB 6640	2.5	0.66	110	130

Якщо проаналізувати данні, ми дізнаємось, що промисловий робот KUKA KR 60 HA має дві переваги, а саме швидкість повороту по вертикальній осі та точність повтору положення. YASKAWA MOTOMAN GP215 та ABB IRB 6640 не мають переваг між чотирма проаналізованими роботами. Fanuc M2000iA/900L має найбільшу вантажопідйомність та робочу зону.

1.2 Проблематика сучасних маніпуляторів

Сучасні маніпулятори являються майже ідеальними машинами для перекладання, перевезення, укомплектування товарів.

Однією з проблем даних машин являється відсутність датчиків, необхідних для заміру габаритів товарів, які комплектуються на палети, або інші майданчики для фасування товарів.

Сучасні маніпулятори можуть використовувати в якості основного робочого елемента щуп або ж інструмент для обробки тієї чи іншої деталі. Оскільки у нашому випадку необхідний саме щуп, то використання суміжних датчиків виміру габаритів є необхідністю, але маніпулятори такого типу відсутні на ринку, тому нашою задачею є розробка вимірювального маніпулятора з подальшим його розвитком до робота із штучним інтелектом.

Також, більшість маніпуляторів мають певну, загально прийняту конструкцію (рис. 1.2.1).

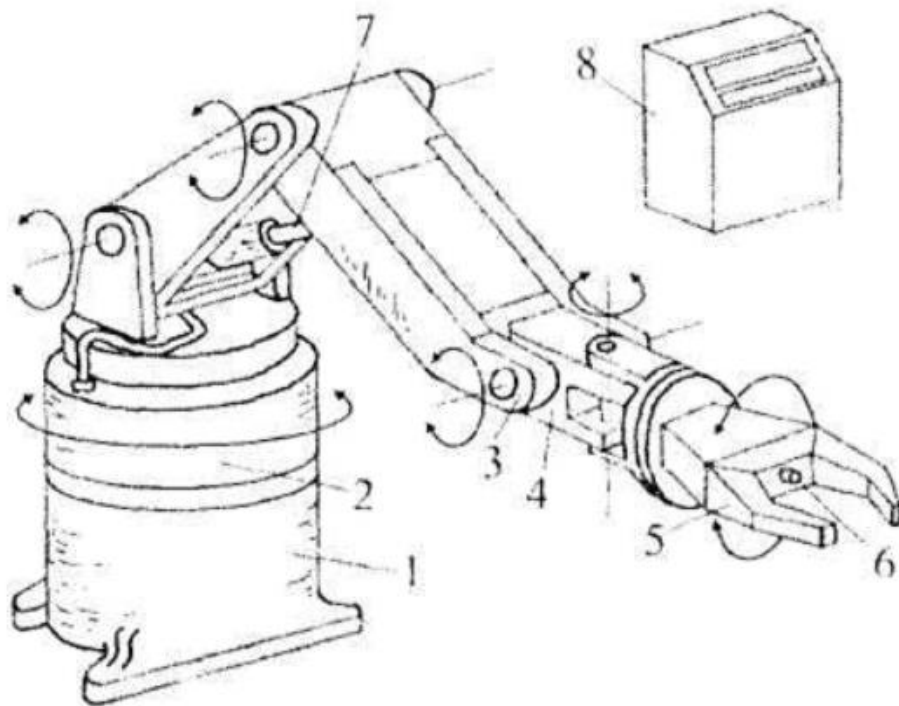


Рис. 1.2.1 Загальноприйнята схема маніпулятора

(1-основа, 2-колона, 3-рука маніпулятора, 4-кисть, 5-захват, 6-датчик зворотнього зв'язку, 7-привід руки, 8-блок управління)

У зв'язку з даною конструкцією, маніпулятор має специфічну траєкторію руху або ж робочу зону, як, наприклад, показано на рисунку 1.1.5.

З такою конструкцією, установка маніпулятора можлива лише збоку від конвеєрної лінії з продукцією, що супроводжується проблемами з ефективним використанням робочого місця на підприємстві.

Загалом, розглянуті маніпулятори мають багато переваг у світі роботів, але дві основні проблеми, такі як – відсутність датчиків виміру габаритів та неефективне використання робочого місця, та їх дороговизна робить недоцільним їх використання для фасування товарів на палети.

1.3 Вирішення існуючих проблем

Як було сказано в попередньому пункті, основною проблемою існуючих маніпуляторів являється відсутність датчиків для виміру габаритів. Самі датчики не є проблемою, їх можливо купити на українському ринку або з інших країн за допомогою онлайн сервісів. Головне правильно розмістити їх на самому маніпуляторі – його корпусі, захваті або на одній з ланок.

1.3.1 Аналіз датчиків довжини

Датчики поділяють за технологією вимірювання. Найпопулярніші з них:

- лазерні;
- ультразвукові;
- 3Д сканери.

Лазерні датчики

Найкраще буде розповісти про датчики виміру довжин, наводячи конкретні приклади. Наприклад лазерний датчик SICK DT60 (Рис1.3.1). Німецька компанія SICK AG[6] є світовим лідером у виробництві датчиків відстані й пропонує широку лінійку пристроїв, створених на основі багатьох із зазначених принципів і призначених для вирішення найрізноманітніших завдань.



Рис 1.3.1 Датчик Sick DT-60

Основні технічні характеристики та відмінні ознаки датчика DT60:

- вимірюваний діапазон: 200-5300 мм (90% -ва відбивна здатність білого об'єкта);
- аналоговий струмовий вихід 4-20 мА з додатковим перемикається виходом;
- точність: ± 10 мм;
- дозвіл: 1,5 мм;
- ступінь захисту IP67;
- робочий діапазон температур $-25 \dots 55$ °C;

Принцип роботи вказаний на Рисунку 1.3.1

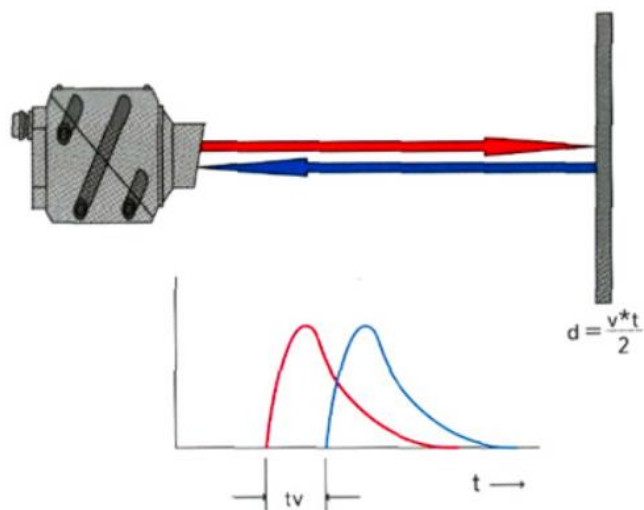


Рис. 1.3.2 Принцип роботи лазерного датчика DT-60

Ультразвукові датчики

Ультразвукові датчики являються доволі популярними, так як вони являються доволі дешевими, як наприклад Arduino HC-SR04 (Рис. 1.3.3). Характеристики датчика HC-SR04 [7]:

- діапазон вимірювання відстані 0,03...4 м;
- частота ультразвуку 40 kHz;
- кут зору 30 град.;
- вихідна інформація імпульс 0,15..25 mS;
- струм споживання в активному режимі 15 мА;
- розмір модуля 45x20x15 mm.

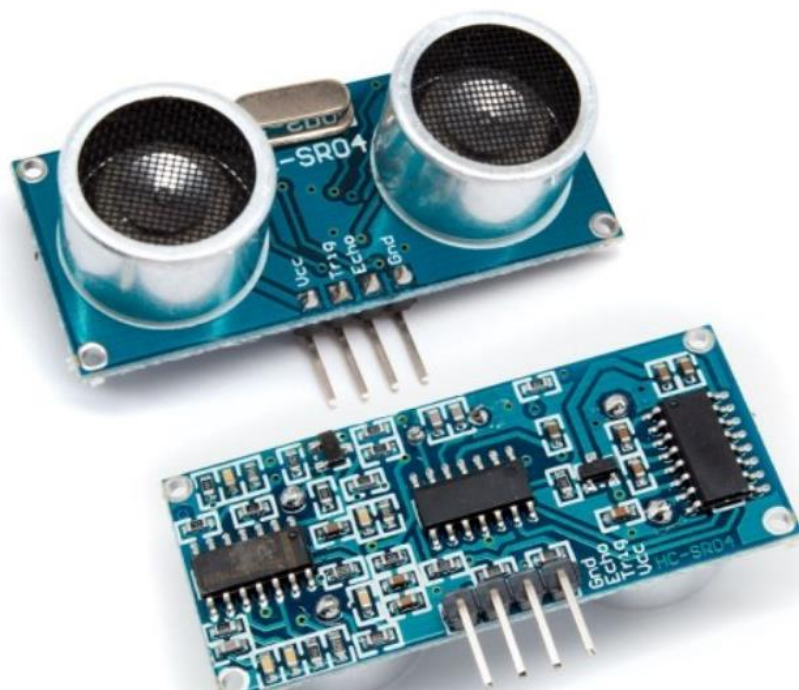


Рис. 1.3.3 Arduino HC-SR04

За відносної дешевизни, дані ультразвукові датчики мають важливий недолік, а саме розсіювання ультразвукової хвилі, з чого з'являється похибка вимірювання (Рис. 1.3.4 Розсіювання ультразвукової хвилі).

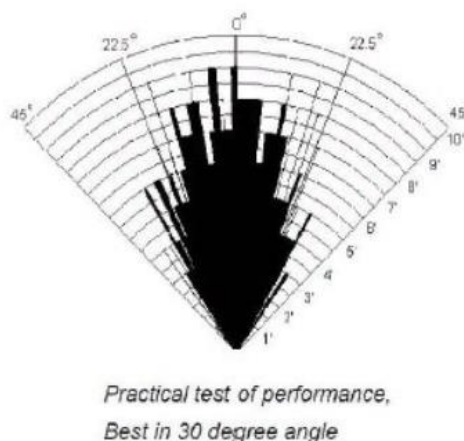


Рис 1.3.4 Розсіювання ультразвукової хвилі

3Д Сканери

3Д Сканери – пристрої, які стрімко розвиваються в області адитивних технологій. Зазвичай їх використовують для сканування деталей складних форм. Одним з недоліків 3Д сканерів є їх дороговизна, на ринку можливо знайти сканери від 300-400 євро до 10 000 євро. Одним з оптимальних рішень є 3Д сканер Cubifi Sense

Sense[8] був розроблений американськими 3DSystem і сьогодні залишається одним з найпопулярніших недорогих сканерів на ринку. Він може сканувати великі обсяги від 200 x 200 x 200 мм до 2 кубічних метрів. Цей портативний сканер (Рис. 1.3.5) має розміри 178 x 129 x 330 мм і пропонує точність 0,90 мм.



Рис. 1.3.5 Cubifi Sence

Він працює за технологією структурованого освітлення і поставляється з програмним забезпеченням 3D Sense, яке включає в себе спрощений інтерфейс і цікаві інструменти постобробки. Він також пропонує дозвіл зображення 1920 на 1080 пікселів для сканування текстур і квітів. Сканер доступний від 479 €.

Основною перевагою 3Д сканерів є їх точність, та можливість отримання 3Д моделі.

1.3.2 Аналіз ефективного використання робочої площі

Ефективність використання робочого приміщення дозволяє підприємству підвищити свою ефективність. Маніпулятори які випускають компанії дозволяють автоматизувати процес фасування товару на палети, але розміщення таких машин забирає у підприємства цінні квадратні метри робочої площі.

Розміщення маніпулятора безпосередньо на кінці конвеєрної лінії являється більш ефективним, оскільки у такому разі робоча площа маніпулятора розміщається безпосередньо на місці де стоять палети, на які навантажується товар. Для такого розміщення нам необхідно підняти маніпулятор над конвеєрною лінією. Таку конструкцію можливо реалізувати за умови, якщо наш вимірювальний маніпулятор буде розміщений на металічному каркасі (рис. 1.3.6).



Рис. 1.3.6. Металічний каркас для маніпулятора

Таким чином наша конструкція займає площу 7 350 000 мм² (Рис. 1.3.6). Дана конструкція дозволяє розмістити 2 палети типу EVRO під собою.

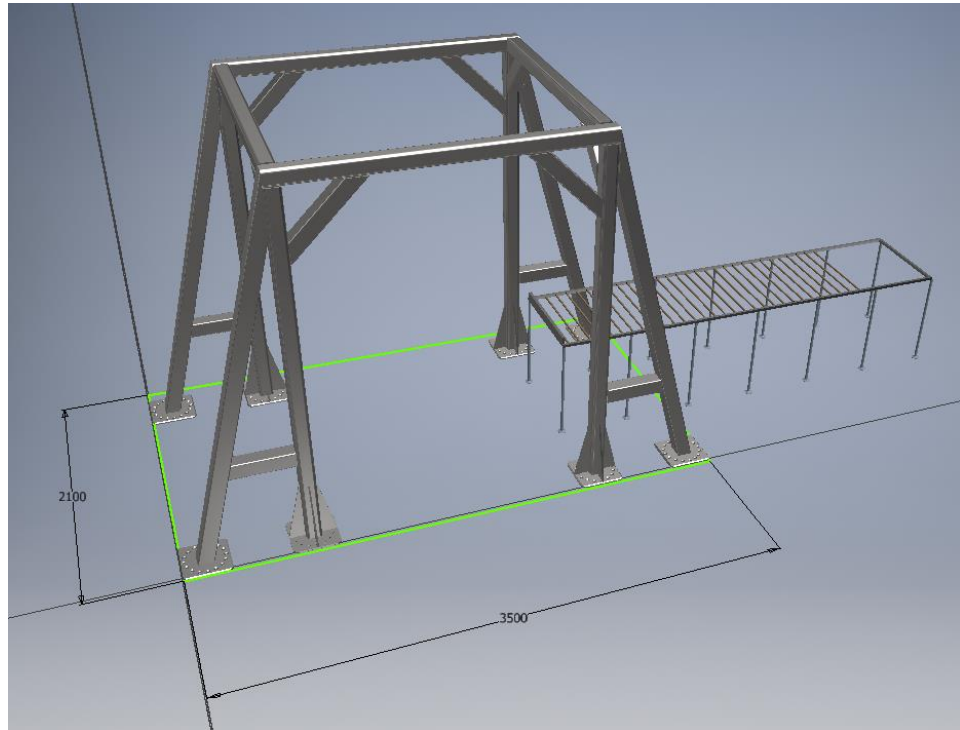


Рис. 1.3.6. Робоча площа нового маніпулятора

Для порівняння, розрахуємо площу яку використовує вже відомий нам маніпулятор MOTOMAN GP215. Вона буде дорівнювати сумі робочих площ самого маніпулятора та площі, яку займають 2 палети типу EVRO:

$$S = S_m + 2 * S_p = \pi r^2 + 2 * 800 * 1200 = 3.14 * 2912^2 + 1\,920\,000 \\ = 29\,546\,396 \text{ мм}^2$$

Отже, економія площі робочого приміщення:

$$\Delta S = \frac{29\,546\,396}{7\,350\,000} * 100\% = 400\%$$

За результатами досліджень, використання даної конструкції скоротить використання робочої площі в 4 разів.

1.4 Висновок

Метою нашої роботи є розробка вимірювального маніпулятора для фасування товару, який міститься в коробках, на палети, а також скоротити площу, яку займає промисловий робот на підприємстві та створення подальшого start-up проекту.

Серед існуючих маніпуляторів існує недолік у якості відсутності датчиків виміру габаритів. Через це, нажаль, маніпулятори можуть бути запрограмовані лише на фасування коробок одних габаритів, виконуючи суто циклічні операції. Однією з наших задач є розширення його можливостей. Також важливим недоліком є велика робоча площа маніпулятора, яка обумовлюється не тільки його конструкцією, а і площею, яку займають палети біля конвеєрної лінії.

Щоб досягнути бажаного результату, нам потрібно сконструювати робот-маніпулятор з додатковими датчиками виміру габаритних розмірів. Сконструювати раму для даного маніпулятора для його вертикального закріплення. Сконструювати захват маніпулятора, керуючись вхідними параметрами палет та коробок, у які фасується товар на підприємствах.

У кінці роботи ми бажаємо отримати продукт готовий до експлуатації на конвеєрних лініях з можливістю відрізняти та фасувати коробки різних габаритів та порівняно з іншими маніпуляторами, більш ефективним використанням робочої площі.

2. КОНЦЕПЦІЯ ПРОЕКТУ ТА ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ВИМІРЮВАЛЬНОГО МАНІПУЛЯТОРА

2.1 Вхідні параметри для конструювання рами

Перед проектуванням рами для вимірювального маніпулятора, слід визначити вхідні данні для формування конструкції. Головними параметрами, які нас цікавлять є висота, довжина та ширина. Першим пунктом необхідно розглянути конвеєрні лінії які застосовуються на підприємствах.

Конвеєрна стрічка буває різних розмірів. Ширина стрічки відповідно до ГОСТ може становити 300, 400, 500, 650, 800, 1000, 1200, 1400, 1600, 2000, 2500 і 3000 мм. Найбільш використовуваними і затребуваними є стрічки в діапазоні від 400 до 1400 мм.

Також одним з вирішальних параметрів є габаритні розміри палети, оскільки нашою ціллю є зменшення зони, яка задіяна в фасуванні товару. В світі використовується загально прийнятий стандарт по розмірам палет. Стандарт EPAL має габаритні розміри 800x1200x145 мм (Рис. 2.1)

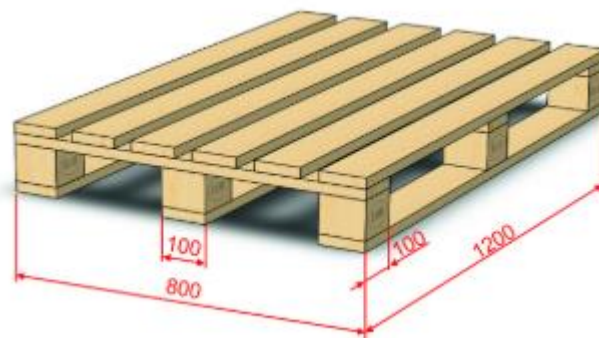


Рис. 2.1 Палета типу EURO (EPAL)

Для розрахунку габаритів маніпулятора приймемо розміщення під маніпулятором 2-х палет типу EURO з зазорами між стійкою рами і палетою та між двома палетами в 30 мм.

В результаті ми отримуємо довжину між ніжками:

$$X = 800 \times 2 + 3 \times 30 = 1600 + 90 = 1690 \text{ мм}$$

Для зручності приймемо розмір 1700мм. Ширина між ніжками буде рівна сумі найбільшої ширини, найбільш використовуваної конвеєрної лінії та зазору в 50 мм з кожної її сторони. Найбільша ширина лінії, серед часто використовуваних є 1400 мм, в результаті ширина буде дорівнювати :

$$Y = 1400 + 50 \times 2 = 1500 \text{ мм.}$$

Висота маніпулятора повинна дозволяти заповнювати палету на висоту 1.8 метра (сума висоти товару та палети), а також зручно функціонувати в час загрузки палети на 100 %. Задля отримання задовільного результату, висота має дорівнювати сумі висоти загруженої палети та довжині найдовшої ланки маніпулятора. Таким чином висота маніпулятора буде дорівнювати: $1800 + L$. Приймемо її за 700 мм, а при необхідності в майбутньому замінемо її на необхідну нам, оскільки висота суттєво не вплине на аналіз напружень у рамі.

Таким чином ми приймаємо висоту $Z = 2500 \text{ мм}$.

2.2 Вибір профілю та конструювання рами

Найчастіше використовуваний профіль для зварювання ферм та рам є квадратний та прямокутний сталевий профіль, а також кутовий профіль. Для нашої рами ми використаємо квадратний сталевий профіль з перерізом $100 \times 100 \times 8 \text{ мм}$ та проведемо аналіз отриманої рами на міцність.

Для конструювання та розрахунку рами використаємо програму Autodesk Inventor Professional 2019. Ми використовуємо саме цю програму, оскільки вона має всі необхідні функції для вирішення нашої задачі, а саме: розділ з автоматичного створення профілів та функцію аналізу рам.

В першу чергу створимо ескіз нашої рами для видавлювання профілю(Рис. 2.2). Створюємо ескіз з урахуванням товщини профілю.

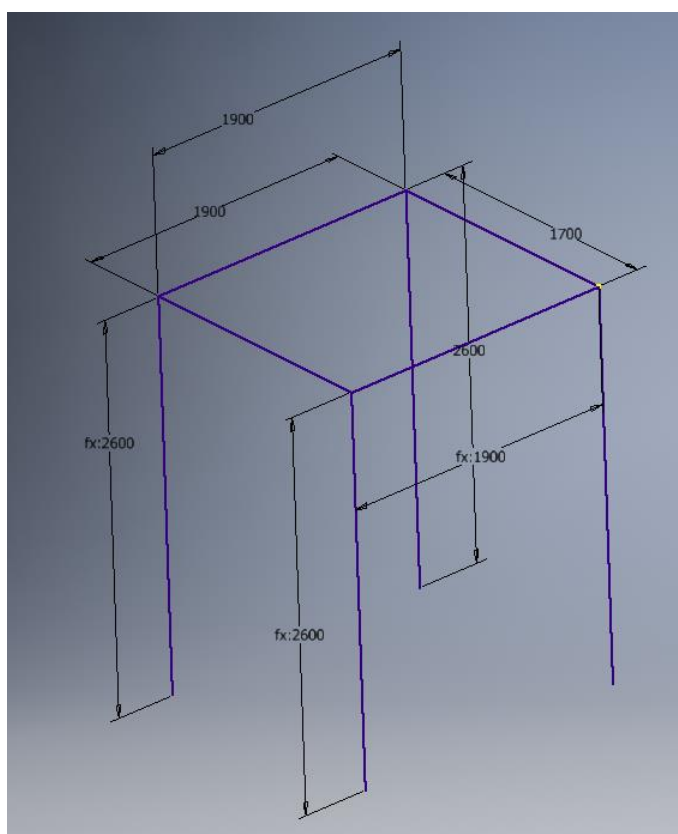


Рис. 2.1 Ескіз рами

Наступною функцією вибираємо функцію проектування профілю, вибираємо необхідний нам (Рис. 2.3), вказуємо матеріал та видавлюємо за ескізом.

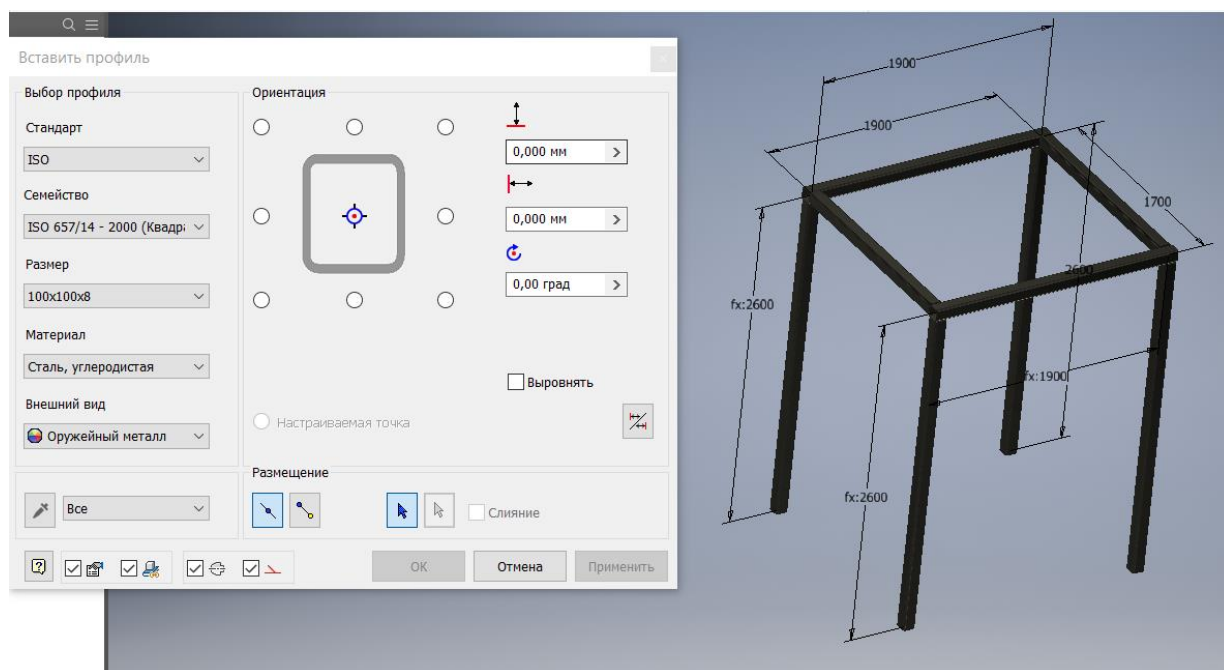


Рис. 2.3 Створення рами за допомогою автоматичного вибору профіля

Далі корегуємо довжини рами для подальшого правильного зварювання. Також добавимо ребра жорсткості у необхідних місцях, додаткові опори, а також заземлення (Рис. 2.4).



Рис. 2.4 Модель рами з ребрами жорсткості, опорними елементами та заземленнями

2.3 Проектування елементів маніпулятора

Для подальшого аналізу рами нам необхідно сконструювати всі вузли. Першим пунктом виберемо направляючі для повздовжнього руху маніпулятора. Для досягнення необхідного результату, використаємо каталог Нерсо Motion[9]. У даному каталозі є наявними направляючі з рейковою

передачею до 6 м. Для наших потреб вони підходять. Тож спроекуємо всі деталі направляючої та установимо їх на нашу раму(Рис. 2.5).

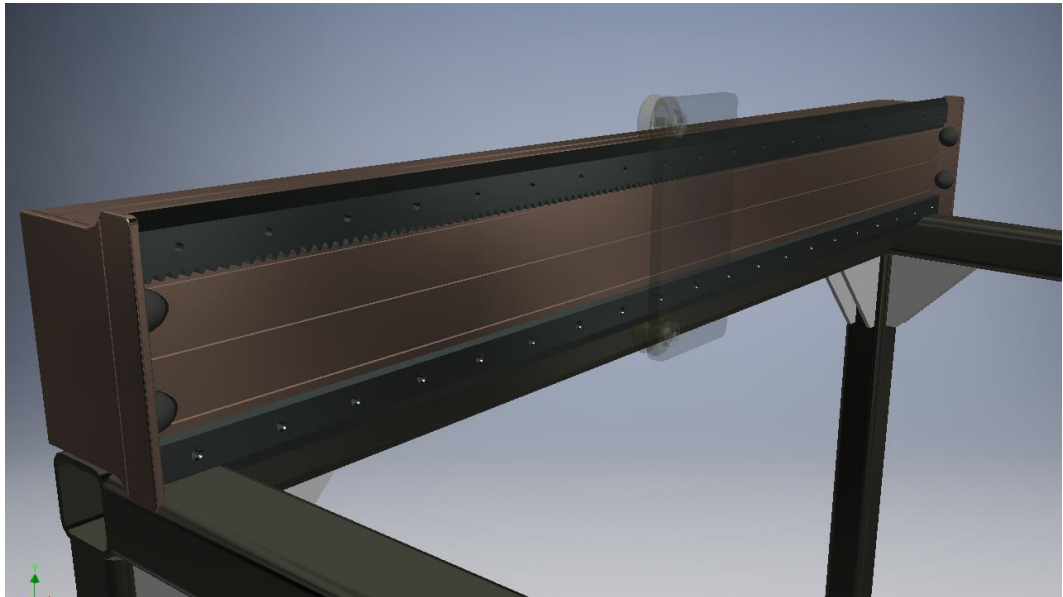


Рис 2.5 Рама з направляючими.

Перевагою даної направляючої є використання чотирьох роликів, що збільшує вантажопідйомність системи, точне позиціонування роликів, а також пересування системи за рахунок зубчастого зачеплення між рейкою та шестернею, що в свою чергу допоможе транспортувати вантажі з більшою масою.

Для повздовжнього пересування нашого маніпулятора слід встановити його на площину, а її в свою чергу прикріпити до механізму, який буде рухати її. Тож наступним кроком спроекуємо каретки та ролики, завдяки яким буде рухатись наш промисловий робот.

Для правильного конструювання даних механізмів слід скористатись уже відомим нам каталогом [9] (Рис. 2.6). З каталогу дізнаємось, що найбільш правильним буде використання роликів в якості направляючих, а шестерень у якості основного механізму руху. У результаті ми отримуємо площину на 4 роликах, які встановлюються на направляючі(Рис. 2.7).

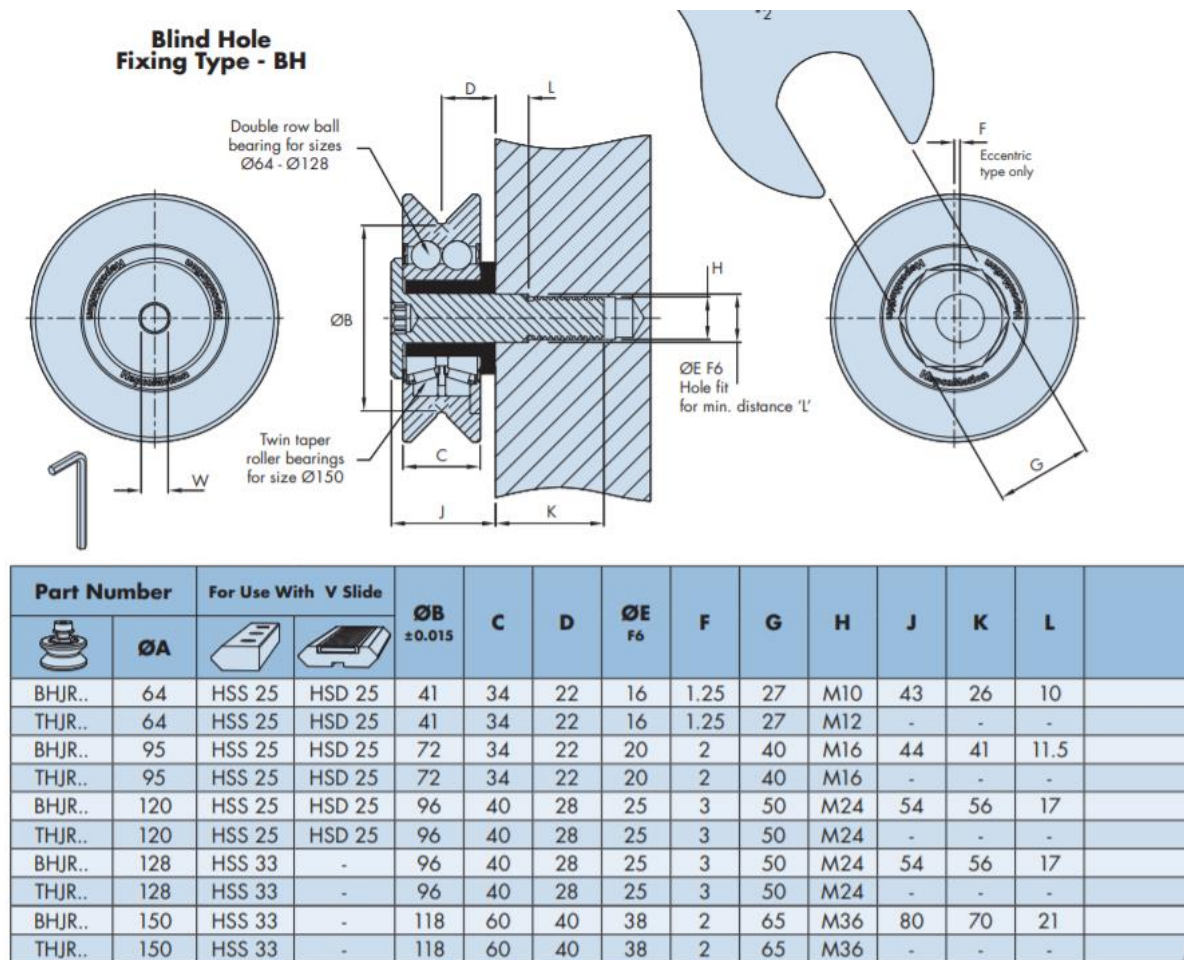


Рис. 2.6 Ролики Nipco Motion[9]

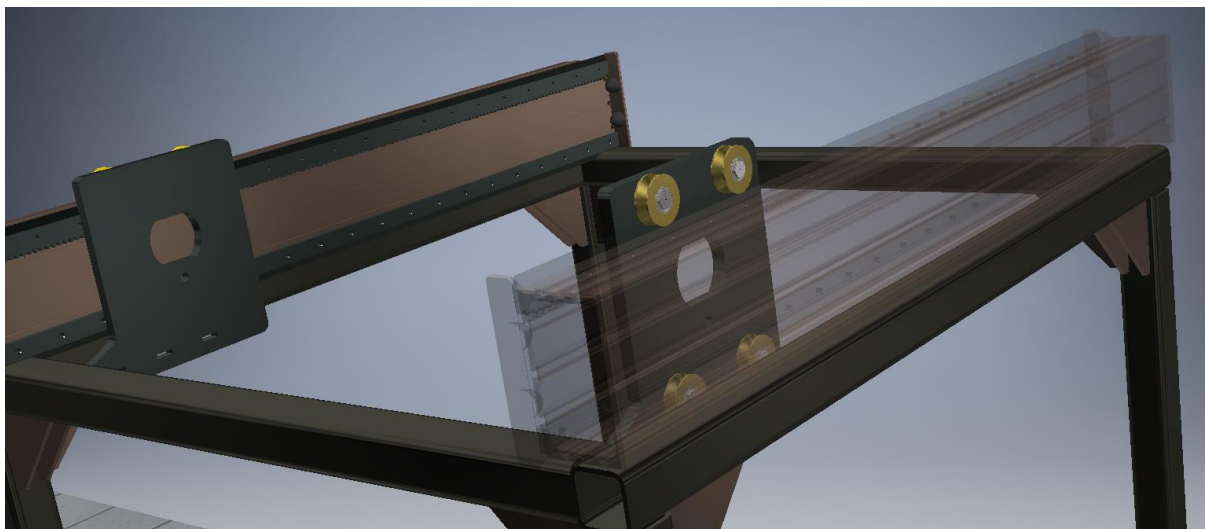


Рис. 2.7 Площина з роликами

Наступним кроком проектуємо привід системи, який забезпечить хід по осі X, вздовж попередньо спроектованих направляючих.

Дану конструкцію (Рис. 2.8) також наведено в у вищезгаданому каталозі Нерсо Motion. Вона використовується у схожому маніпуляторі, який використовує для переміщення захвату/інструменту системи своєї розробки, які розміщуються відповідно по осям X, Y та Z.

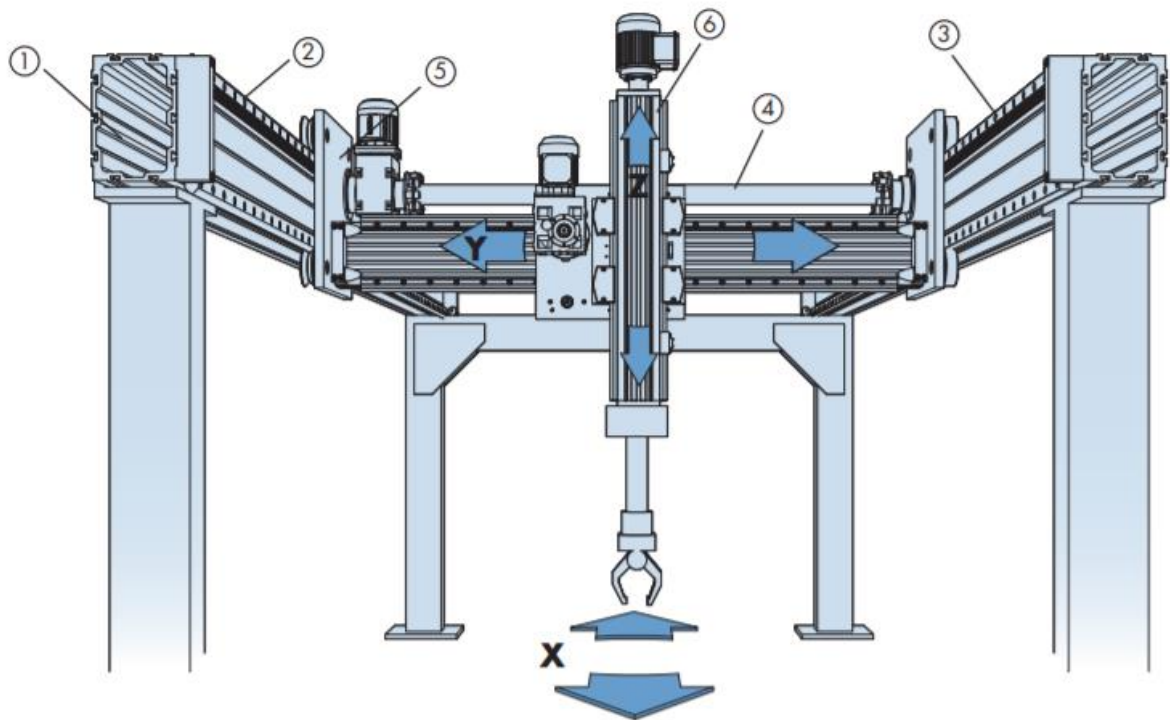


Рис. 2.8 Конструкція маніпулятора Нерсо Motion:
 1 - конструкційні балки, 2,3 – V-подібні направляючі,
 4 – приводний вал, 5 – каретки, 6 – вісь Z

Переміщення системи відбувається за рахунок зачеплення зубів шестерні та зубів рейки. Система з шестернею встановлюється в корпус, який в свою чергу встановлюється у вже готові пластини з роликами. Для цього в них є спеціально фрезеровані пази для установки. Описана система приводиться у рух за допомогою мотор-редуктора, а для того щоб зусилля прикладалось симетрично ми використовуємо приводний вал, який передає зусилля на симетрично розміщену шестерню (Рис. 2.9).

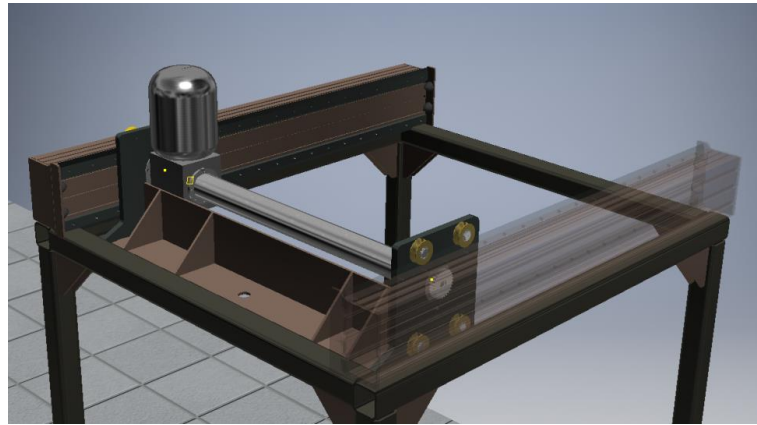


Рис. 2.9 Конструкція осі X

Для розміщення наступних елементів маніпулятора розроблена конструкція для установки осі Z. Нею являються дві площини із спеціальними відповідними прорізами і виступами для з'єднання та подальшого зварювання. Також для жорсткості конструкції додано ребра жорсткості, розташовані таким чином, для установки мотор-редуктора осі Z (Рис. 2.9).

Наступним кроком проектуємо мотор-редуктор, який буде встановлюватися на площину паралельну підлозі, та встановлюємо його у відповідне місце на площині. Після цього можемо проектувати сам маніпулятор. Конструкція майбутнього маніпулятора складається з наступних частин (Рис. 2.10): мотор, головна ланка, допоміжна ланка, ланка повороту захвату, захват.

Перша ланка (б) приводиться в рух мотором (а) встановленим на площині, яка рухається вздовж осі X. Даний мотор виконує обертальний рух та обертає головну ланку навколо своєї осі.

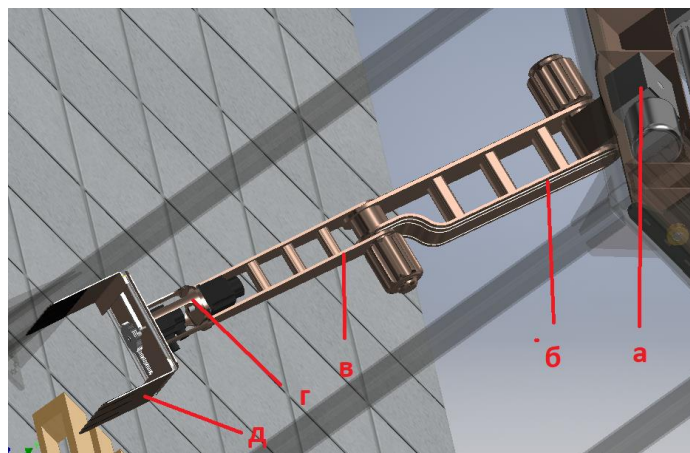


Рис. 2.10 Конструкція маніпулятора:

a – мотор-редуктор, b – головна ланка, v – допоміжна ланка,
 z – ланка повороту захвату, d – захват.

За допомогою мотора встановленого на головній ланці (b), система може виконувати підймальний рух та має робочий кут 180 градусів. Довжина даної ланки дорівнює половині довжини між стійками рами для комфортного переміщення і становить 900 мм або 0.9 м. Також дана ланка має три перемички для з'єднання основних площин, які формують дану ланку.

Допоміжна ланка(v) також приводиться в рух мотором встановленим на неї, має три перемички та довжину 700 мм. На кінці ланка має місце для кріплення невеликого мотора, який приводить в обертовий рух систему захвату маніпулятора. Ланка для повороту захвату (z) спроектована для кріплення та повороту системи захвату. Приводиться в рух мотором встановленим на допоміжній ланці.

Захват маніпулятора(d) (Рис. 2.11) являє собою дві площини, які рухаються на зустріч одна одній за допомогою обертового руху шестерні та зубчастих рейок. Для точнішого закріплення та точного позиціонування ми використовуємо направляючі та каретки. Також для точного позиціонування рейок встановлюємо 2 спеціально спроектованих вала зі встановленими на них підшипниками.

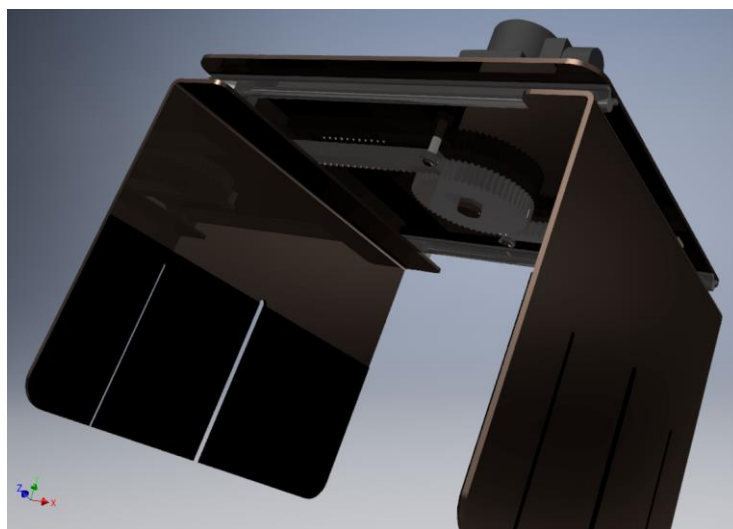


Рис. 2.11 Захват маніпулятора

Особливостями захвату є виготовлення його площин для захвату, а саме прорезинених частин площин. Резина нанесена на площини допоможе збільшити силу тертя між коробками та захватом. В результаті ми зможемо прикладати меншу силу для зачеплення коробок, що допоможе зберегти їх якісний загальний вигляд.

Також площини захвату мають прорізані пази для подолання можливих нерівностей на коробках.

2.4 Проектування систем вимірювання

Система вимірювання представляє собою датчики для виміру габаритів та їх кріплення до рами або ж якоїсь частини маніпулятора. Оскільки у першому розділі ми зробили аналіз різних датчиків для виміру габаритів, то у цьому розділі ми виберемо один з них.

Виходячи з можливостей різного виду датчиків, ми обираємо 3Д сканери. Цей вибір зумовлений тим, що найближчим конкурентом даної технології є лазерний далекомір, але на жаль з його застосуванням виникають труднощі.

Якби ми використовували лазерні датчики, то нам необхідно було б встановити три датчики, щоб виміряти всі три габаритні параметри, тобто довжину, ширину та висоту необхідної коробки. Із встановленням датчиків для виміру висоти та ширини не виникло б проблем, за виключенням того, що на вимір ширини необхідно було б два датчики, які б були розміщені симетрично один від одного відносно середньої умовної площини конвеєра. А для виміру довжини необхідно було б виготовляти допоміжний механізм для механічного піднімання датчика для одного сканування, або ж, якби коробок на конвеєрі було б багато і вони торкались між собою, ця система б взагалі не працювала. Тобто використання лазерних сканерів є недоцільним.

У даному випадку ми використовуємо 3Д сканер для отримання габаритних розмірів коробок. Серед представлених на ринку 3Д сканерів габаритів, найбільш вигідним та оптимальним рішенням буде встановлення сканерів

компанії Honeywell[10], а саме AutoCube8200 (Рис. 2.12), які виробляють продукцію для автоматизації промислових складів.



Рис. 2.12. 3Д сканер AutoCube8200

Рішення базується на поєднанні програмного забезпечення та електронного пристрою AutoCube 8200 для миттєвого вимірювання габаритних розмірів різних предметів (вантажів, посилок) й навіть нестандартних об'єктів.

Портативний пристрій встановлюється на підставку і підключається до робочої станції по USB, для передачі результатів вимірювань в облікову систему або WMS. Використовуючи технологію 3D-вимірювань, пристрій швидко і точно вимірює габарити об'єкта на приймальній платформі за допомогою інфрачервоних датчиків та оптичної камери, і передає результати вимірювань в комп'ютер, при необхідності видаючи результати вимірювань на екран.

Впровадження рішення по миттєвому виміру габаритів приносить бізнесу миттєві і вимірні результати:

- Підвищується продуктивність і безпомилковість праці співробітників.
- Підвищується швидкість обслуговування клієнтів (в поштових відділеннях та ін.).
- Скорочуються витрати на робочу силу.

- Оперативне обслуговування сприяє збільшенню лояльності клієнтів, що, в свою чергу, призведе до збільшення виручки з плином часу.
- Уникнути помилок у вимірах, точно розрахувати простір транспортного засобу і необхідну кількість одиниць транспорту.
- Оптимізувати процес зберігання вантажів на складах.

Спроектуювши 3Д сканер, наступною задачею постає його розміщення та кріплення до вже готових елементів маніпулятора. Оптимальним рішенням буде закріплення його на рамі маніпулятора, оскільки таким чином ми уникнемо можливих пошкоджень його в ході роботи. Датчик повинен бути розміщений таким чином, щоб він міг сканувати всі ті габаритні лінії коробки. Для цього його необхідно віддалити від рами на певну відстань.

Сконструємо систему кріплення для нашого сканера (Рис. 2.13). Конструкція включає в себе: кріплення для датчика, шарнір, Г – подібну трубу для кріплення шарніра, трубку для фіксації, ходунок для переміщення трубки, роєльну петлю, профіль з отворами для кріплення до рами маніпулятора.

Кріплення датчика відбувається наступним чином: датчик встановлений в спеціальний корпус(а) установлюється в трубку з сферичним шарніром(б), за допомогою різьби на трубці шарніра і з'єднується з Г – подібною трубкою(в). На даній трубці також розміщується ходунок(д) до якого кріпиться трубка для фіксації(г) за допомогою гвинта зі сферичною провусиною та гайки-барашки. Г – подібна трубка з'єднується з корпусом(є) за допомогою роєльної петлі (ж).

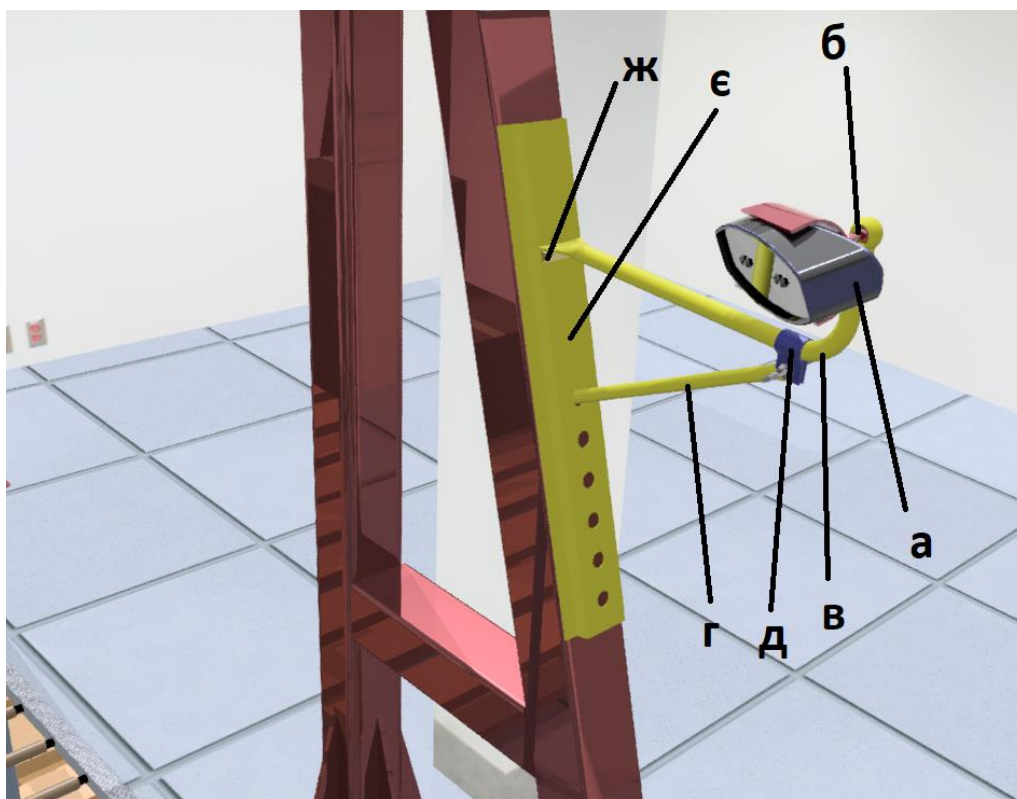


Рис. 2.13 Кріплення датчика для вимірювання габаритів

Дана конструкція найбільш вигідна за рахунок своєї дешевизни та має функціонал, який повністю задовольняє наші потреби. Також перевагами конструкції є велика кількість отворів у профілі, для закріплення датчика у необхідному положенні, сферичний шарнір, який дає змогу легко виставити датчик на необхідну робочу зону та можливість конструкції складатись при необхідності.

Наступним кроком, нам необхідно передбачити можливість нерівномірного розміщення коробки на конвеєрі. Щоб вирішити дану проблему необхідно встановити додатковий датчик для сканування положення коробки на лінії (Рис. 2.14), для того щоб наш маніпулятор зміг правильно захопити товар та ефективно розмістити його на палеті.

Для даної задачі можемо використати лазерний датчик, оскільки знаючи габаритні розміри коробки, нас цікавить лише відстань від коробки до країв конвеєрної лінії. Із цією функцією ідеально впорається лазерний датчик компанії Sensotek [11] FT50 (рис. 2.14). Деякі його характеристики:

- вимірювання об'єктів практично будь-яких форм і кольорів;
- висока точність і дозвіл до 7 $\mu\text{м}$;
- висока швидкість спрацьовування до 1 кГц;
- принцип навченості;
- 2 дискретних виходу;;
- аналоговий вихід: 4 - 20 мА / 0 - 10 В;
- 4 - 20 мА / 0 - 10 В.
- можлива наявність послідовного інтерфейсу для вимірювання відмінностей і товщини в режимі головного / підлеглого пристрою
- корпус з АБС-пластика з поворотним роз'ємом



Рис. 2.14. Лазерний датчик довжини Sensotek FT50

Для візуалізації роботи сканерів проектуємо допоміжні елементи, для отримання коректної оцінки розміщення сканерів. Цими елементами є коробка та конвеєр. Керуючись знаннями, які ми отримали в ході роботи над першим розділом проектуємо коробку(Рис. 2.15(а)) та конвеєр(Рис. 2.15(а)).

Для коробки приймаємо розміри 400 X 400 X 300 мм. Для конвеєра довжину робимо з запасом (декілька метрів), ширина та висота 600 та 700 мм відповідно.

Для отримання коректної оцінки розміщення датчиків, ми проектуємо промені, які виходять з датчиків. Та видовжуємо їх до коробки, щоб зрозуміти їх робочу зону(Рис. 2.16).

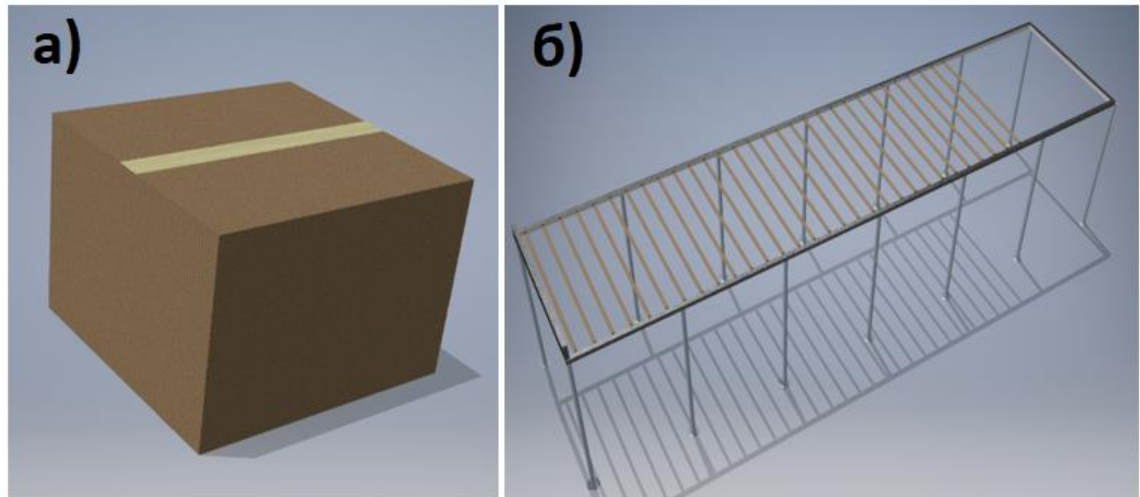


Рис. 2.15 Допоміжні елементи:

a – коробка, *б* – конвеєр.

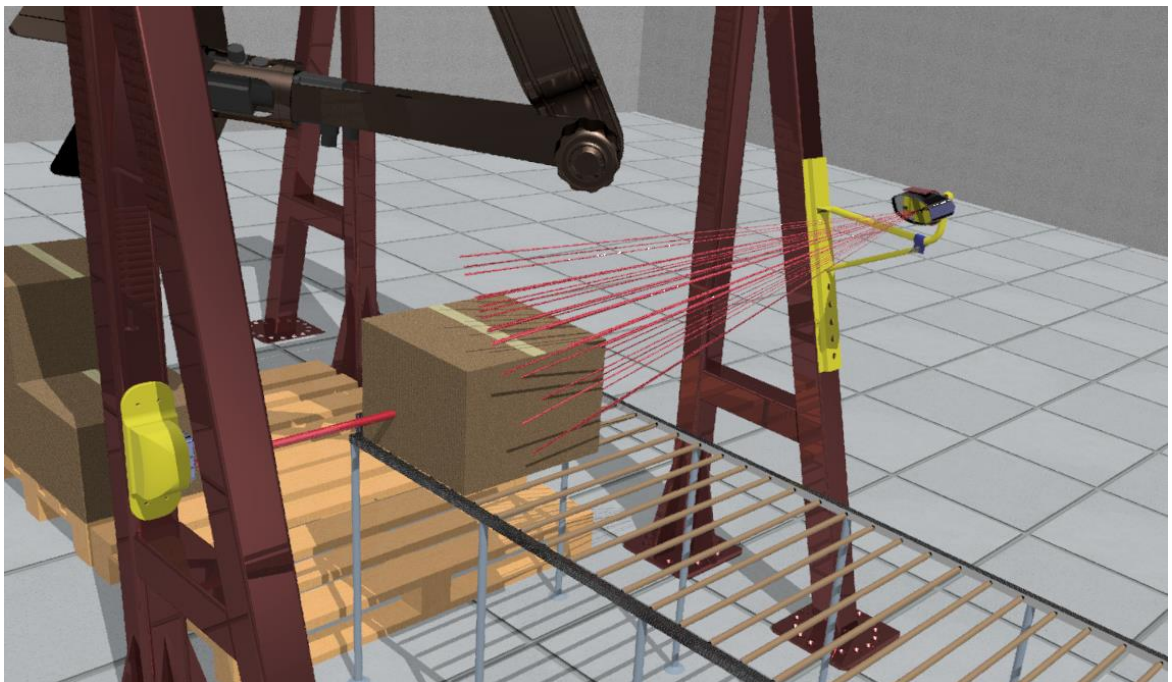


Рис. 2.16 Проекція промінів 3Д сканера та лазерного датчика

Виходячи з результатів проектування, можна зробити висновок, що датчики розміщені правильно і в процесі роботи будуть працювати коректно і якісно.

2.5 Аналіз напружено-деформованого стану рами

Для перевірки наших результатів проектування, необхідно провести аналіз напружено-деформованого стану рами, щоб запевнити себе, що рама витримає навантаження в процесі роботи. Для початку необхідно визначити навантаження на вертикальні стовбці з профілю рами маніпулятора.

Для правильного розрахунку скористаємось розділом “Аналіз навантажень” в 3Д середовищі Autodesk Inventor та Національним стандартом України ДСТУ Б В.1.2-3:2006 [12].

Згідно даного документу, допустиме відхилення вертикальних балок дорівнює $1/500$ їх висоти. Оскільки наша балка має висоту 2 м 40 см приймаємо для неї допустиме відхилення від основного положення при навантаженні 4,8 мм.

Наступним кроком навантажуюмо нашу раму вагою. Дана вага буде дорівнювати вазі всієї системи та вантажу, який переміщає маніпулятор. У нашому випадку система маніпулятора має вагу близько 450 -500 кг та перевозить вантаж, маса якого не перевищує 40 кг.

Для навантаження рами виберемо вагу з запасом в 1000 кг та розподілимо її на стовбці рами. Отримуємо навантаження на кожен стовбець в 250кг, або ж 2500 Н.

Занесемо данні до програми та змоделюємо навантаження(Рис. 2.17 (а),(б)). З нього ми можемо спостерігати, що найбільше відхилення від геометричної форми балки відбувається по центрам допоміжних валок і становить 0.018 мм, що задовольняє наші вимоги до навантаження рами.

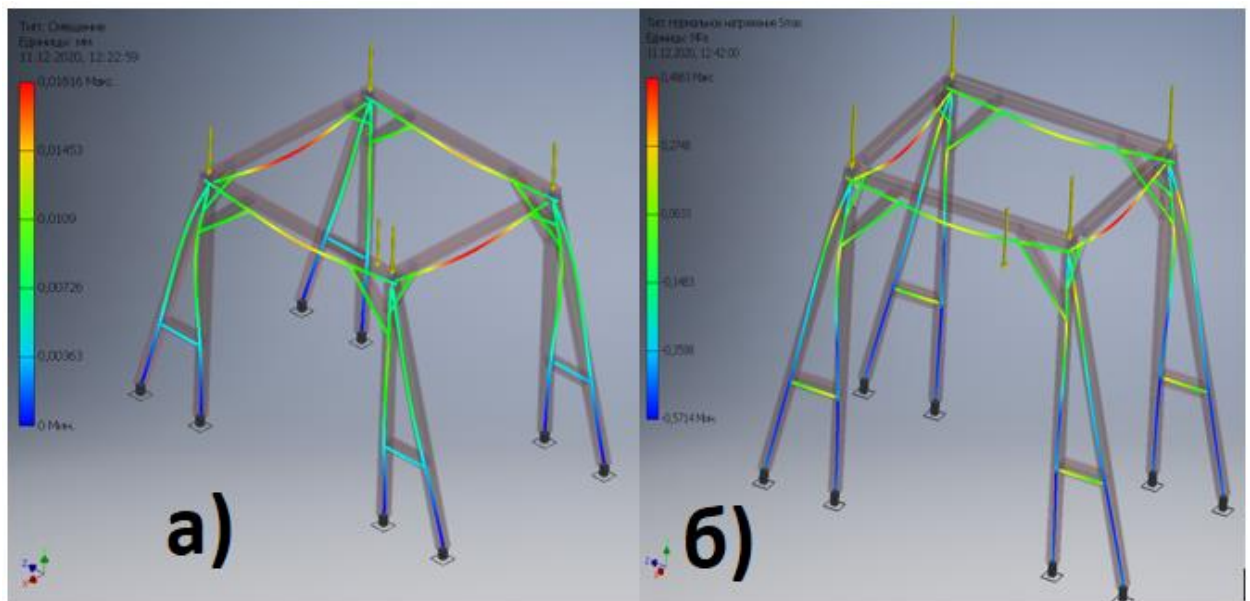


Рис. 2.17 Навантаження рами маніпулятора

а – деформація, б – S_{\max} (нормальне навантаження)

Також необхідно зробити розрахунок навантаження направляючих осі X . Для цього зробимо ще один аналіз навантажень, використовуючи раму та направляючі.

Навантажуюмо раму вагою рівною 600 кг, або ж 6000 Н, розподіливши навантаження між двома симетрично установленими направляючими. Дана вага є завищеною приблизно на 30 – 40 %, для того щоб перевірити систему у випадку перевантаження. Виконуємо моделювання навантаження та отримуємо результат (рис. 2.17).

В результаті розрахунків ми отримуємо максимальні відхилення від геометрії 0.016мм, що є задовільним показником зміщення згідно нормативних документів.

Також користуючись програмою перевіряємо навантаження по Мізесу і спостерігаємо відмінний результат по всій збірці деталей. Навантаження по Мізесу не перевищує 0.5-0.6 МПа. Отже проектування виконане вірно. Аналогічно проводимо розрахунки для крайніх точок направляючих (Рис. 2.18, 2.19).

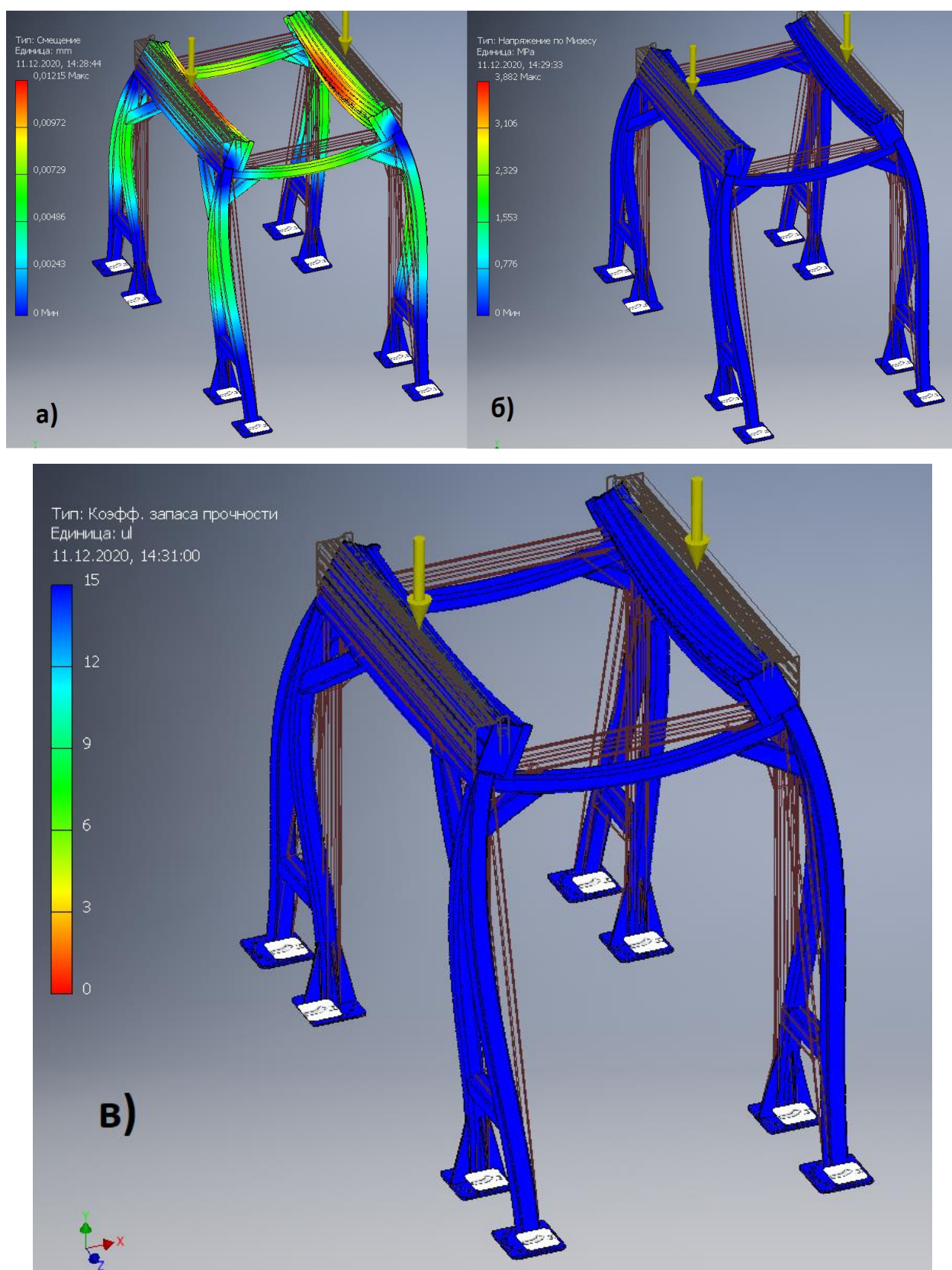


Рис. 2.18. Аналіз навантаження направляючих
(при навантаженні на центр направляючих)
а – напружено-деформований стан, б – напруження по фон Мізесу,
в – коеф. запаса міцності

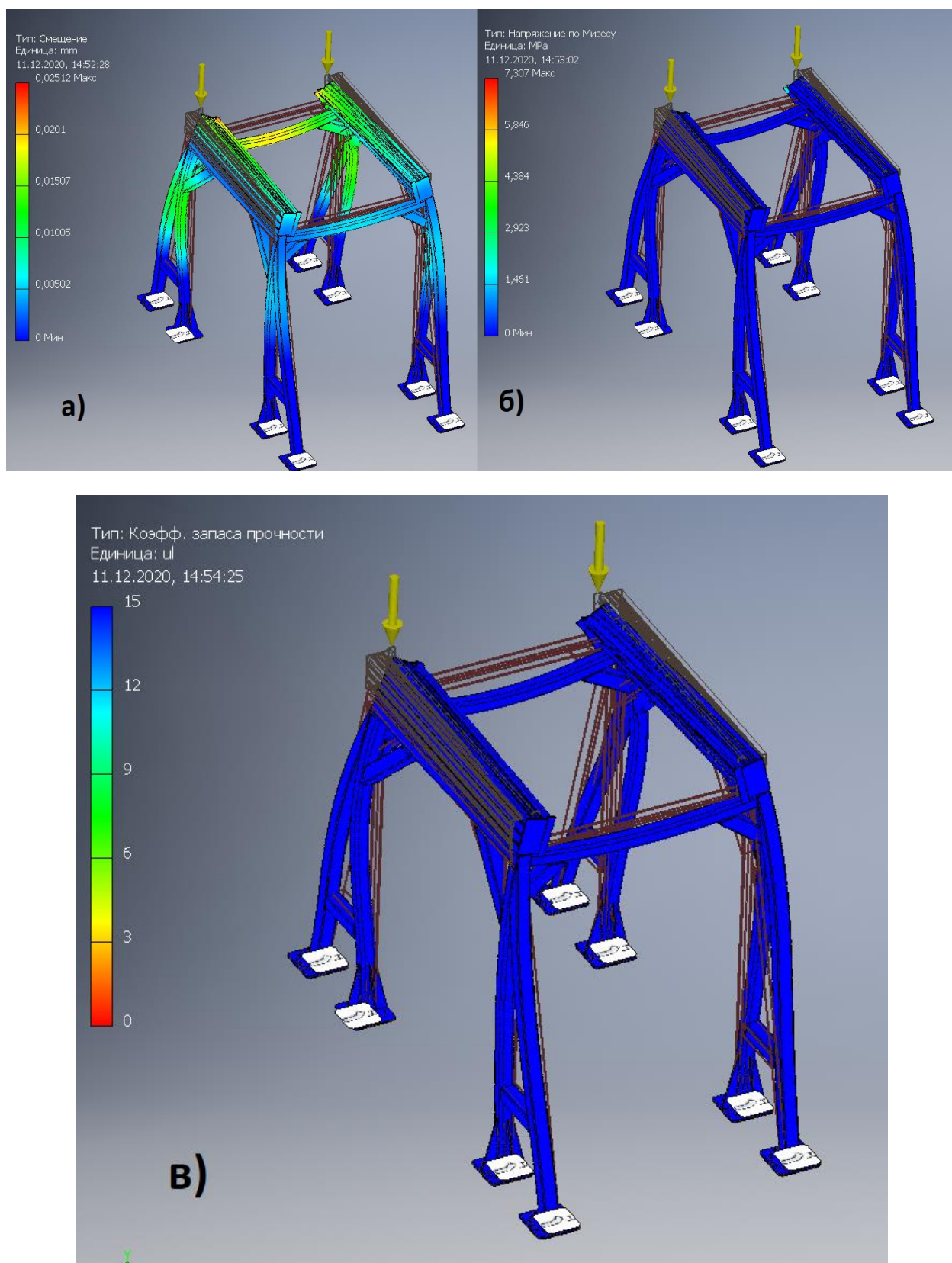


Рис. 2.19 . Аналіз навантаження направляючих
(при навантаженні на край направляючих)
а – напружено-деформований стан, б – напруження по фон Мізесу,
в – коеф. запасу міцності

2.6 Висновки

У даному розділі ми виконали проектування промислового робота з системою вимірювання габаритів транспортуючих товарів, та системою розпізнавання положення товару на конвеєрі. Також додатково спроектували елементи конвеєрної лінії, як допоміжні елементи для розташування датчиків вимірювання габаритів.

Виконали аналіз деформацій рами маніпулятора та направляючих для підтвердження вірних розрахунків при проектуванні промислового робота та допоміжних елементів.

Метою даного розділу було розробити проект промислового маніпулятора та інтегрувати в нього систему вимірювання габаритів. З даною задачею ми впорались, що свідчать результати проведених досліджень.

3. ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИМІРЮВАЛЬНОГО МАНІПУЛЯТОРА

3.1 Технологічне забезпечення виготовлення рами вимірювального маніпулятора

Виготовлення рами для вимірювального маніпулятора – перший етап створення робочого виробу. На даній стадії ми розробляємо план виготовлення рами ра її збирання. Технологія виготовлення рами виглядає наступним чином:

- підготовка необхідних матеріалів;
- механічне оброблення сировини;
- зварювання ;

Першим пунктом є підготовка необхідних матеріалів для механічної обробки, для цього нам необхідно вибрати матеріали у спеціалізованому місці, та записати у електронний кошторис.

Для виготовлення рами нам необхідно розробити креслення(Додаток А (СК002)) для розрахунку необхідної кількості матеріалів. Виконавши креслення скористаємося отриманою специфікацією для отримання даних для закупівлі матеріалів (рис. 3.1).

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Документация		
			Зварна рама	СК002	1	
				Детали		
		1	ISO - 4019, 100x100x8 - 2400 мм	Профіль, конструкційна сталь	4	
		2	ISO - 4019, 100x100x8 - 2000 мм	Профіль, конструкційна сталь	2	
		3	ISO - 4019, 100x100x8 - 1600 мм	Профіль, конструкційна сталь	2	
		4	Редько жорсткості	Пластина стальна	16	
		5	Заземлення	Пластина стальна	8	
		6	ISO - 4019, 100x100x8 - 2550 мм	Профіль, конструкційна сталь	4	
		7	ISO - 4019, 100x100x8 - 650 мм	Профіль, конструкційна сталь	4	
		8	ISO - 4019, 100x100x8 - 250 мм	Профіль, конструкційна сталь	4	
		9	ISO - 4019, 100x100x8 - 400 мм	Профіль, конструкційна сталь	4	
				СК002		

Рис. 3.1. Специфікація до рами

Виходячи із специфікації розраховуємо необхідну кількість профіля необхідного для виготовлення рами:

$$L1 = 4 * X1 + 2 * X2 + 2 * X3 = 9600 + 4000 + 3200 = 16800\text{мм} = 16,8\text{м}$$

Приймаємо дане число як 17 метрів, для забезпечення припуску шва різального інструменту. Наступним кроком розраховуємо необхідну кількість металу для ребер жорсткості для ніжок. Дані деталі виготовляються зі смуг металу товщиною 8 мм. Вони представлені трикутної форми та їх габаритні розміри 400x100. З квадрату 400 x 250 мм ми можемо отримати 2 деталі, оскільки їх кількість 16од., необхідна довжина смуги:

$$L2 = 16 * 400 = 6400\text{мм} = 6.4\text{м}$$

Округлюємо довжину до 7м. після цього розраховуємо довжину смуги необхідної для ребер жорсткості для верхньої частини рами. Габаритний розмір даних деталей 200 x 200мм. Даних деталей є 16од, тому далі розраховуємо необхідну довжину смуги для них :

$$L3 = 16 * 200 = 3200\text{ мм} = 3.2\text{м}$$

Враховуючи припуск на механічну обробку приймаємо дане значення – 3.6м. Наступною деталлю є заземлення. Для її виготовлення підготуємо креслення(Рис. 3.2).

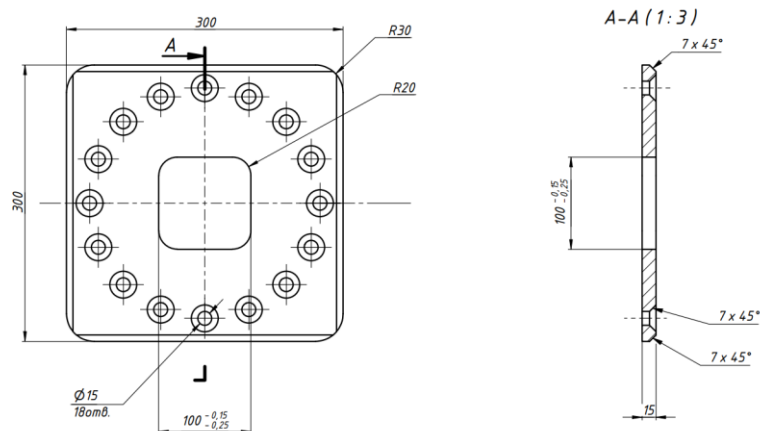


Рис. 3.2 Креслення деталі Заземлення

Для виготовлення даної деталі нам необхідно заготувати матеріал, а саме вуглецеву сталь. З Рисунку 3.2 зрозуміло, що габаритні розміри даної деталі 300x300x15 мм, оскільки таких деталей потрібно чотири, розрахуємо загальну необхідну кількість матеріалу на їх виготовлення:

$$S = x * y * 4 = 0.3 * 0.3 * 4 = 0.36 \text{ м}^2$$

Перед механічним обробленням матеріалів слід підготувати технологічне обладнання. Для виготовлення даної конструкції нам буде необхідне наступне обладнання:

- монтажна пила;
- фрезерувальний верстат;
- апарат для зварювання;

Першим етапом виготовлення є розрізання металевого профіля на необхідної довжини частини, а також розрізання смуг металу для створення ребер жорсткості. Для даних операцій необхідна монтажна пила або ж торцювальний верстат. Серед компаній, які представлені на ринку, одним з найякісніших рішень є монтажна пила компанії Makita, а саме Makita LC1230N (Рис. 3.3).



Рис. 3.3 Makita LC1230N

Характеристики даної моделі пили:

- Потужність 1.750 Вт;
- Число оборотів 1.700 хв-1;
- Діаметр диска (\varnothing) 305 мм;
- Максимальна глибина розпилу (0°) 100 x 100 мм;
- Розміри (Д x Ш x В) 516 x 603 x 306 мм;
- Вага відповідно до ЕРТА 19,3 кг.

Для виготовлення деталей “Заземлення” нам необхідний фрезерувальний верстат з ЧПК. Дані верстати є досить дорогими, тому логічним вирішенням задачі з фрезерування буде передача завдань субпідрядним компаніям. На ринку представлена велика кількість якісних фрезерувальних верстатів з ЧПК. Одним з таких являється Optium F105 (Рис. 3.4).



Рис. 3.4 Вертикально-фрезерувальний верстат Optium F105

Характеристики даного верстату:

- привід шпинделя 5,5 кВт
- крутний момент шпинделя 35 Нм
- число оборотів шпинделя 10 - 8 000 об / хв
- максимальний діаметр торцевої фрези 63 мм

- максимальний діаметр кінцевої фрези 32 мм
- розмір столу, Д х Ш 800 х 320 мм
- максимальний діаметр інструмента 104 мм
- робоча подача (осі X, Y, Z) 10 000 мм / хв
- повторюваність 0,01 мм
- точність позиціонування $\pm 0,01$ мм

Після отримання всіх деталей рами нам необхідно з'єднати їх відповідно до креслення за допомогою зварювання. Для цього необхідно обрати апарат для зварювання. Для даної операції підійде зварювальний апарат інвертор DNIPRO-M SAB-258D. Компанія DNIPRO-M являється українським виробником електроінструменту і вирізняється якістю та доступністю своєї продукції.

Зварювальний апарат SAB-258D (Рис. 3.5) може працювати до 8 годин без перерви, навіть при зниженій напрузі мережі (від 160 В). Зварювальні апарати Dnipro-M - переможці конкурсу "Українська народна премія 2017", тому ми обираємо зварювальний апарат саме цієї компанії.



Рис. 3.5 Зварювальний апарат DNIPRO-M SAB-258D

Характеристики зварювального апарату:

- призначення: універсальне
- максимальна споживана потужність 6,15 кВА

- максимальна активна потужність 4260 Вт
- діаметр зварювального дроту 1,6 - 4 мм
- тип електрода сталь / чавун / нержавіюча сталь
- функції AntiStick / HotStart (65B) / ArcForce / ThermoControl / VRD
- тип охолодження: примусове повітряне
- ККД 90%

Після того, як інструмент та верстати для виготовлення рами вибрані залишилось виготовити деталі та зварити їх у готову раму. Для цього слід розробити технологічний процес виготовлення рами. Створимо таблицю та занесямо до неї відповідні операції. Так як виготовлення даної рами не потребує великої кількості, запишемо усі операції по виготовленню деталей у одну таблицю.

Таблиця 3.1 Технологія виготовлення зварної рами

05	Заготівельна	Закупка матеріалів
10	Торцювальна	Виготовлення балок для рами
15	Торцювальна	Виготовлення ребер жорсткості
20	Фрезерувальна	Виготовлення деталей “Заземлення”
25	Складальна	Формування конструкції
30	Зварювальна № 1	Зварювання деталей “Заземлення” з стовбцями рами
35	Зварювальна № 2	Зварювання верхніх балок із стовбцями
40	Зварювальна № 3	Зварювання ребер жорсткості з рамою
45	Шліфувальна	Оброблення зварних швів
50	Фарбувальна	Нанесення захисного покриття

Висновок: у результаті роботи над технологічним забезпеченням виготовлення рами вимірювального маніпулятора ми розрахували кількість матеріалів необхідних для виготовлення деталей, підібрали верстати та інструмент для виготовлення деталей, а також для зварювання деталей, розробили технологію виготовлення рами, починаючи з заготівельної операції, закінчуючи фарбувальною. Також розробили чорнові креслення та отримали специфікацію збірки рами для зручного орієнтування в матеріалах.

3.2 Загальний огляд технологічного забезпечення виготовлення деталей маніпулятора та інтеграція існуючих рішень

3.2.1 Інтеграція існуючих рішень

Інтеграція – впровадження вже існуючих рішень на рику для отримання більш ефективних економічних показників. У сучасному світі інтеграція новітніх розробок зустрічається повсюди.

Щоб зменшити витрати на виготовлення та розробку вимірювального маніпулятора, ми вирішили інтегрувати деякі рішення міжнародних компаній. Зокрема це два рішення, перше з яких безпосередньо відноситься до виготовлення осі X, а друге це використання датчиків для вимірювання габаритів.

У процесі аналізу аналогів та проектування нашого вибору ми дізнались про великобританську компанію НерсоMotion. Компанія-лідер в області проектування і виготовлення компонентів лінійного руху. Є новатором і постачальником V-образних напрямних і підшипникових систем, які використовуються для контролю лінійного, обертального і безперервного руху в усьому світі.

Особливості продукції, яку пропонує компанія:

- високий рівень надійності устаткування навіть при роботі в несприятливих умовах, або без необхідності обслуговування;

- знижений рівень шуму;
- здатність обладнання працювати на високих швидкостях, довгі періоди часу зі збереженням повної надійності;
- зниження часу простою, і внаслідок цього збільшення прибутку;
- простота розробки при використанні серії готових рішень і систем в комплексі.

Продукція компанії широко застосовується в багатьох галузях промисловості, таких як: верстатобудування; машинобудування; деревообробна промисловість; пакувальне виробництво; текстильне виробництво.

Нас зацікавила дана компанія і ми знайшли ідеальне рішення проблеми виготовлення та проектування осі X. Тому було вирішено інтегрувати дану систему в наш виріб (Додаток А (СК005)). Загальний вид (Рис. 3.6) включає в себе: направляючі, V – подібні ролики, шестерні, каретки, мотор-редуктор, привідний вал.

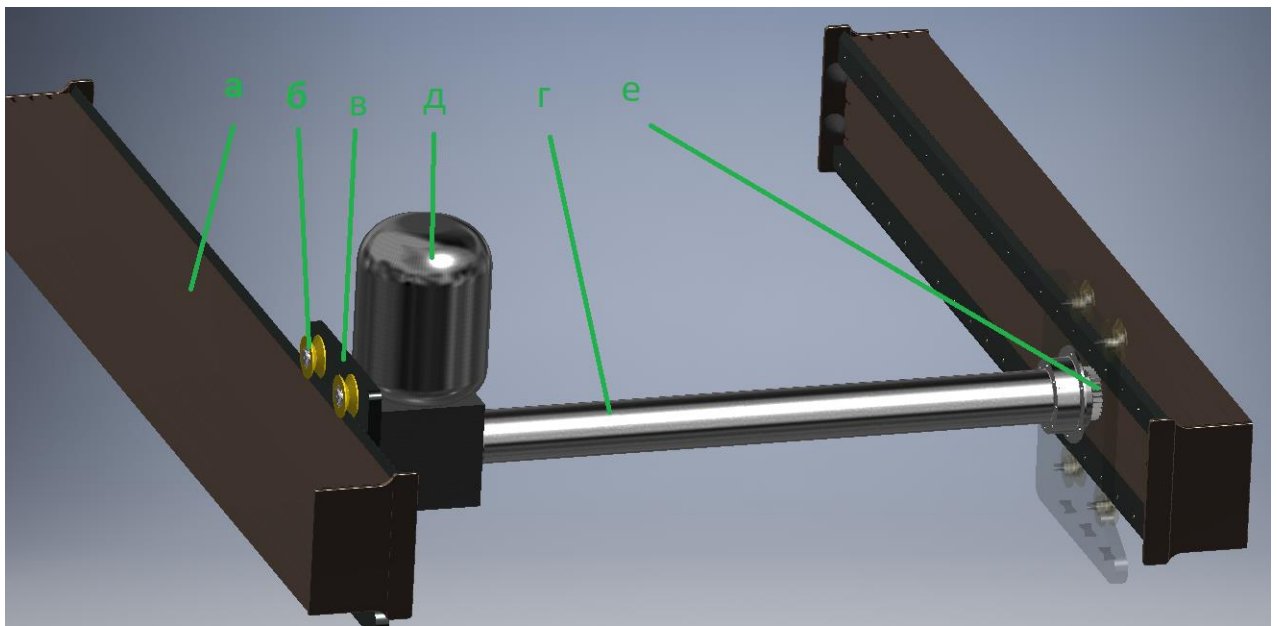


Рис. 3.6 Загальний вид осі X

а – направляючі, *б* – V-подібні ролики, *в* – каретки, *г* – привідний вал,
д – мотор-редуктор, *е* – шестерня.

Дана система повністю задовольняє наші потреби та суттєво економить наші кошти на розробку та виготовлення вимірювального маніпулятора.

Також поганою ідеєю буде розробка власних датчиків довжини та сканерів габаритів. Дані технології потребують суттєвих інвестицій тому виготовлення їх є недоцільне та неможливе в цілому. Тому ми інтегрували в нашу розробку виробників датчиків Honeywell та Sensotek.

В загальному, в більшості проектів неможливо розробити всі деталі з нуля, так як тоді проект може бути не вигідним в економічному плані. Тому саме інтеграція є ключом до успіху компаній, їх більшої ефективності, економічності, а отже і прибутковості.

3.2.2 Загальний огляд технологічного забезпечення деталей маніпулятора

Одними з головних елементів конструкції маніпулятора є його головна та допоміжна ланки. Дані елементи конструкції є складними у виготовленні та складаються з декількох елементів. Ланки працюють за рахунок двох електродвигунів з черв'ячними редукторами розташованих на головній та допоміжній ланці відповідно. Головна ланка (Рис 3.7) виготовляється з п'яти деталей.

Для того щоб розібратись у процесі виготовлення даної деталі розробимо примітивний ескіз деталі (Рис. 3.8) З нього стає зрозуміло, що виготовлення всіх деталей відрізняється. Для виготовлення деталі “Основна деталь” необхідно використовувати штампування, для “Допоміжної деталі” можна використати операцію фрезерування, а для деталей під назвою “Перемичка” достатньо операції торцювання.

Отже почати слід з “Основної деталі”. Вона є найскладнішою із трьох розглянутих деталей, тому що виготовляється за допомогою декількох операцій, через свою складну геометричну форму.

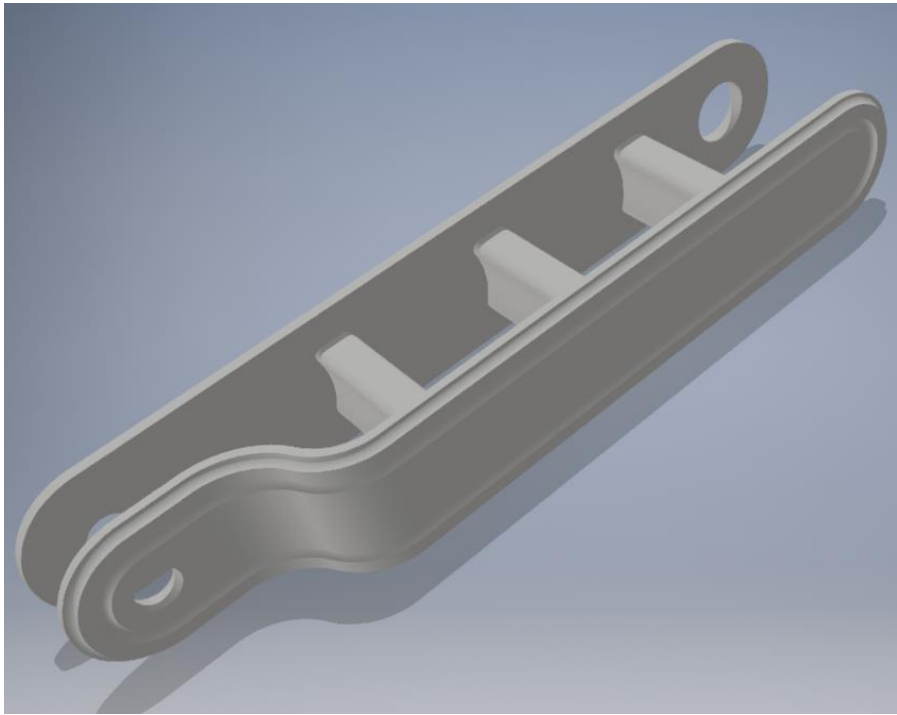


Рис. 3.7 Головна ланка маніпулятора

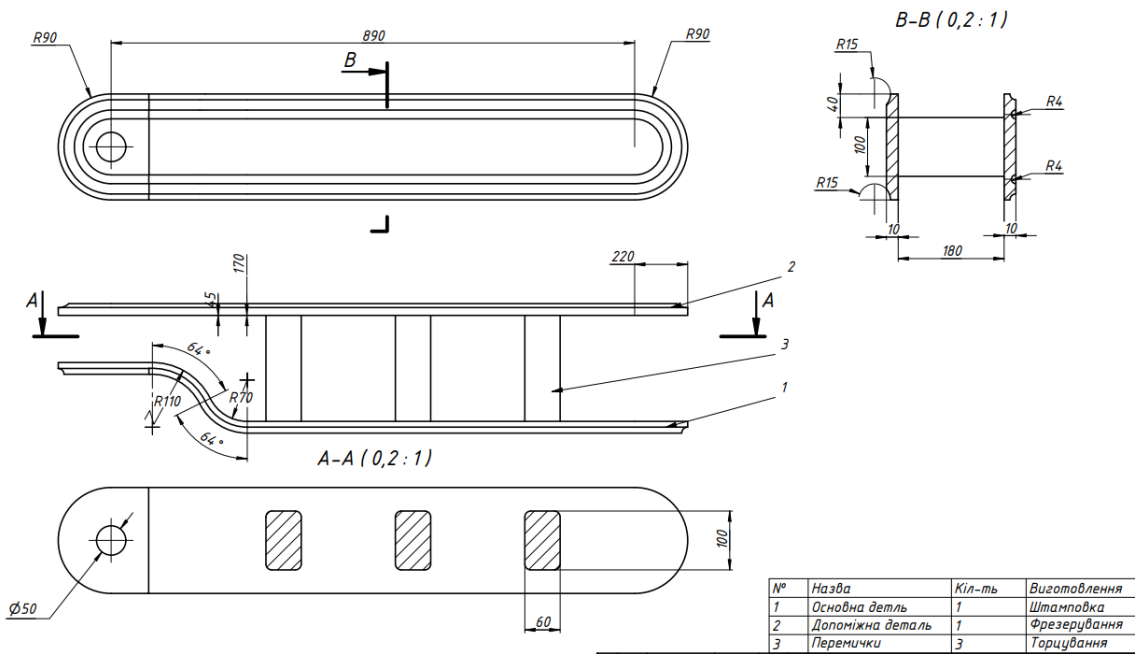


Рис. 3.8 Ескіз деталі “Головна ланка”

Технологія виготовлення “Основної деталі” наведена у таблиці 3.2. Після вибору заготовки для даної деталі необхідно провести операцію “Чорнове фрезерування пазів” сферичною фрезою для отримання сферичного паза. Даний

елемент конструкції несе лише дизайнерську цінність і не впливає на функціонал. Тож після фрезерування пазів слід виконати фрезерування контуру сферичною фрезою для покращення зовнішнього вигляду деталі. Третьою операцією є фрезерування отвору діаметром 50 мм. Даний отвір можна було б виготовити під час операції штампування, але це б суттєво підняло ціну виготовлення даного робота, тому ми включаємо дану операцію до фрезерування.

Для надання деталі зігнутої форми слід виконати операцію штампування. Передую даній операції – розробка інструменту та оснастки, або ж виготовлення пуансона та матриці для штампування. Для більшої економічності, виготовлення такої деталі слід передавати підрядним компаніям які професійно займаються штампуванням. Серед штамів, які б задовольнили наші потреби слід виділити модель високошвидкісного прес-гідравлічного штампувального верстату YM-JL21-80(Рис. 3.9), компанії Youngmax. Машина для штампування особливо підходить для розтягування штампувальних виробів спеціальної форми.

Характеристики верстату наведені на рисунку 3.10.



Рис. 3.9 Прес-гідравлічний верстат Youngmax YM-JL21-80

Specification Type		YM-JH21-80
Nominal force		kN 800
Nominal stroke		mm 5
slide stroke		mm 140
SPM	Fixed	min 60
	Variable(Optional)	min 50-70
Max die height		mm 320
Die height adjustment		mm 80
Between slide center and frame		mm 300
Bolster area(B*L)		mm 580×1000
Bolster thickness		mm 120
Shank hole(Dia x Depth)		mm 50×80
Distance between columns		mm 640
Main motor power		kW 7.5
Outline dimension (F&B X L&R X H)		1640*1290* 2800
weight		kg 6500

Рис 3.10 Характеристики верстату Youngmax YM-JL21-80

Для виготовлення “Допоміжної деталі” достатньо буде лише операції фрезерування. Фрезерування даної деталі складається з двох функцій: фрезерування сферичною фрезою скруглень, та вирізання кінцевою фрезою контура деталі.

Для виконання цих операцій скористаємося вже відомим верстатом Optium F105.

Наступним кроком необхідно виконати торцювання металевого профіля з перетином 100 x 60 x 4 мм. З ескізу ми дізнаємося, що необхідна довжина деталей дорівнює 180мм, отже загальна довжина заготовки 560 мм(з урахуванням припуску на обробку).

Передостанньою операцією у виготовленні готової ланки є зварювання деталей в ланку. Для операції використовуємо уже відомий нам зварювальний

апарат DNIPRO-M SAB-258D. Після зварювання ми обробляємо та очищаємо зварні шви. Наступним кроком покриваємо готову деталь захисним покриттям та фарбою.

Після детального розгляду головної ланки, можемо скласти технологію виготовлення даного виробу та занести до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 Технологія виготовлення головної ланки

05	Заготівельна	Отримання та огляд сировини
10	Фрезерувальна №1.1	Фрезерування сферичних пазів “Основної деталі”
15	Фрезерувальна №1.2	Фрезерування торців “Основної деталі”
20	Фрезерувальна №1.3	Фрезерування отвору “Основної деталі”
25	Фрезерувальна №1.4	Фрезерування контуру “Основної деталі”
30	Штампувальна №1	Гнуття “Основної деталі”
35	Фрезерувальна №2.1	Фрезерування торців “Допоміжної деталі”
40	Фрезерувальна №2.2	Фрезерування отвору “Допоміжної деталі”
45	Фрезерувальна №2.3	Фрезерування контуру “Допоміжної деталі”
50	Торцювальна	Відрізання деталей з профіля для “Перемичок”
55	Складальна	Формування збірки
60	Зварювальна	З’єднання деталей за допомогою електродного зварювання
65	Шліфування	Обробка зварних швів
70	Фарбувальна	Нанесення захисного покриття на деталь

Виготовлення допоміжної ланки (Рис. 3.11) є схожим до виготовлення головної. Допоміжна ланка має схожу та простішу конструкцію. Для даної деталі

не потрібна операція штампування, а виготовлення основних елементів виконується в основному операцією фрезерування.

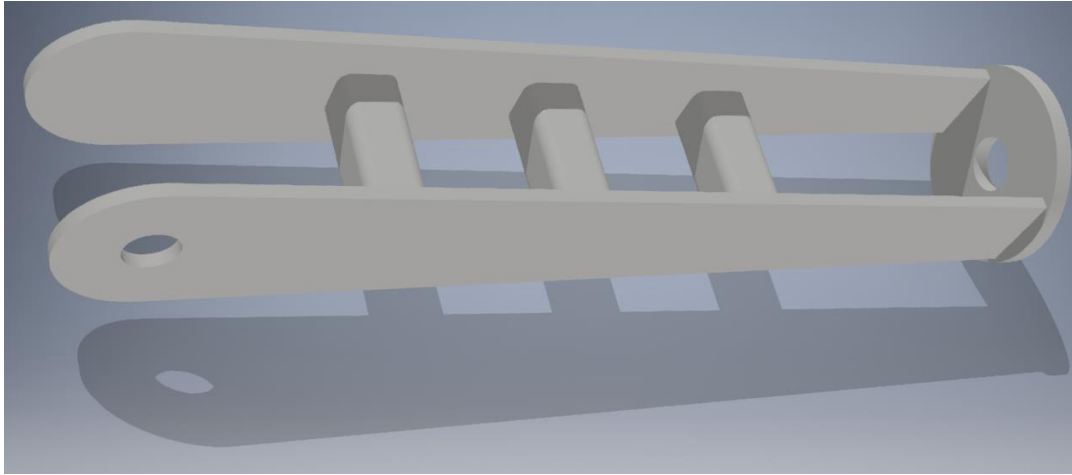


Рис. 3.11 Допоміжна ланка

Головна відмінність даної ланки в круглій деталі на її кінці. Вона слугує площиною для встановлення електропривода, який провертає захват на необхідний нам кут.

3.2.3 Загальний огляд технологічного забезпечення виготовлення захвату

Зокрема технологія виготовлення наведеного приладу буде включати в себе технології виготовлення таких деталей: гнуті плоскі щупи, пластина для кріплення мотора, вал для підтримки рейки. Складальний кресленик захвату наведений в Додатку А (СК003) Інші деталі можна купити у спеціальних магазинах чи замовити онлайн. Перелік деталей що потрібно закупити : двигун потужністю 0.6 кВт, зубчасте колесо з 55 зубами на отвором під вал діаметра 22 мм та рейка для створення зачеплення, 2 направляючі типу “Вал на опорі” та 4 лінійні підшипники під них, гвинти, гайки.

Технологія виготовлення щупів – лазерна різка металу. Спочатку потрібно підготувати файл для порізки на лазері. Це DWG - файл, який ми отримуємо, коли робимо розгортку нашої деталі (Рис 3.12)

Таким самим чином підготуємо файл для порізки на лазері деталі що являється основою, а саме прямокутною поверхнею, на яку з однієї сторони встановлюється двигун, а з іншої механізм захвату.

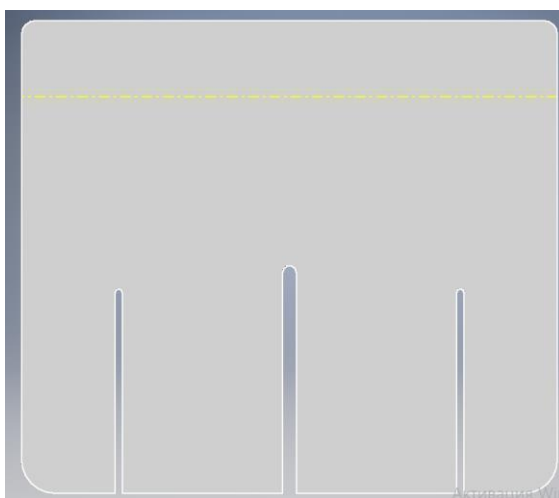


Рис 3.12 Розгортка щупу для лазерної різки

Ще однією деталлю яку нам необхідно виготовити є міні-вал на який в наступних операціях буде необхідно встановити підшипник (Рис 3.13). Виконаємо креслення для даної деталі(Рис 3.14).



Рис 3.13 Вал з підшипником

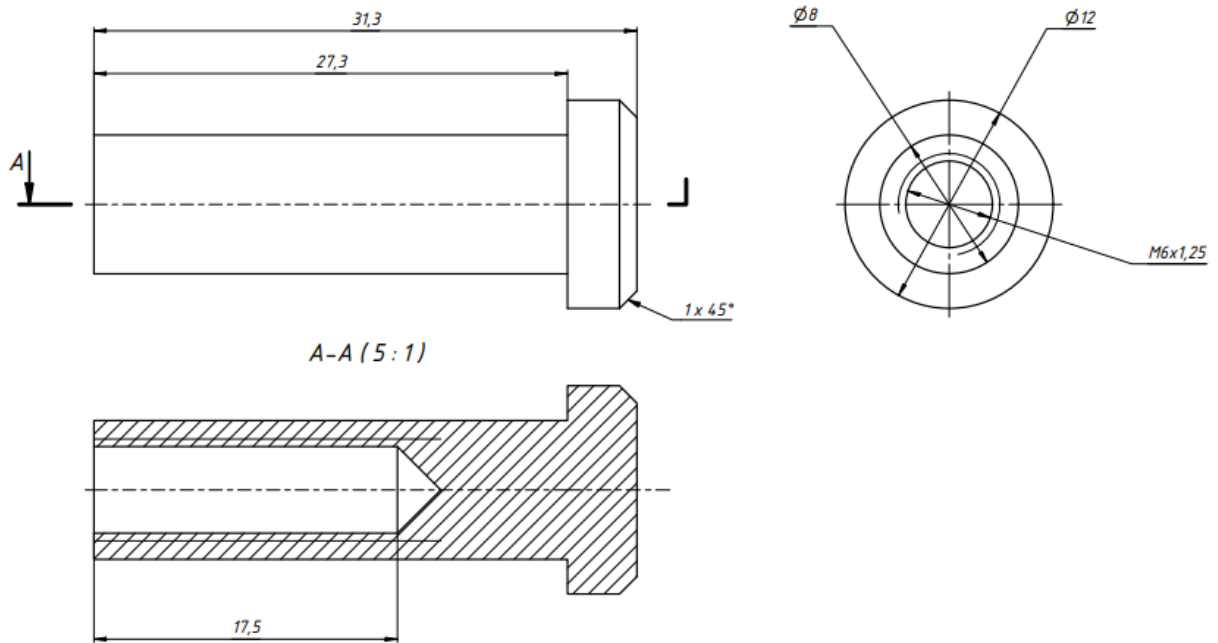


Рис 3.14 Креслення деталі

Дану деталь необхідно виконувати на токарному верстаті з класом точності В за допомогою різців з твердосплавними пластинами з матеріалу Сталь 45.

Повертаючись до першої деталі, варто зазначити що після порізки на лазерному верстаті, необхідно зігнути деталь дотримуючись розмірів що вказані на Рис 3.5.

Після цього необхідно нанести резинове покриття на розділені частини щупа.

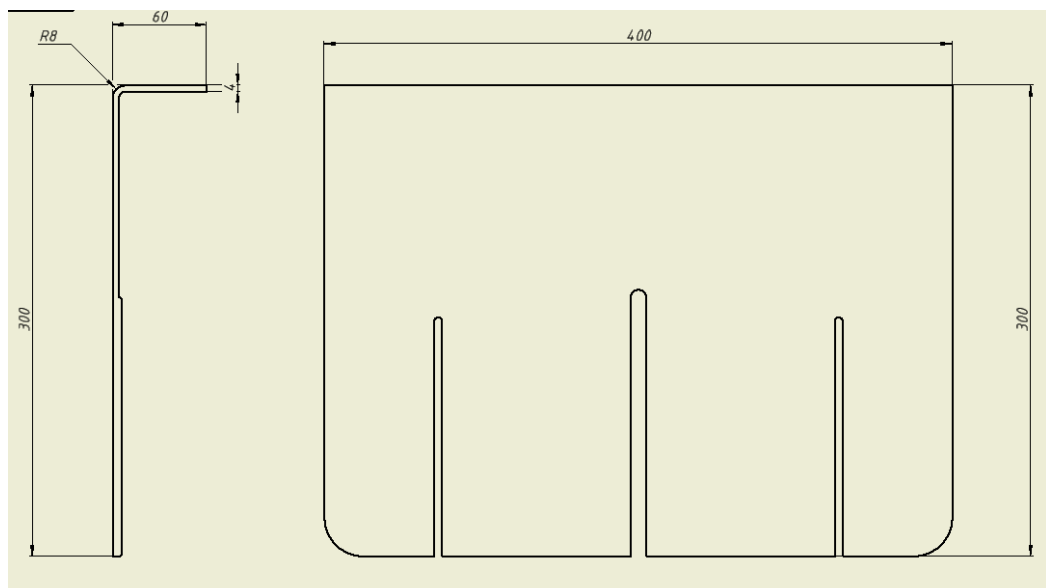


Рис 3.15 Щуп у зігнутому вигляді

Матеріали, які використовуються для деталей:

- Щуп (2шт.) – нержавіюча сталь марки 08X18H10 (товщина листа 4 мм) – далі Деталь 1
- Основа - Сталь Ст5Гпс (товщина 5мм) – далі Деталь 2
- Саморобний вал (2 шт.) – Сталь 45 – далі Деталь 3

Розглянемо вибір інструментального забезпечення та обладнання для Деталі 1. Для того щоб виготовити дану деталь нам необхідно верстат для лазерної різки металів.

Для такої цілі нам підійде верстат TRUMPF L2503 2 кВт (Рис 3.16)



Рис. 3.16 Верстат TRUMPF L2503 2 кВт

Даний верстат має потужність 2 кВт і може прорізати метал товщиною 8 мм, а також має робочу площу 2500 x 1500 мм. Для наших цілей необхідно щоб верстат прорізав товщину металу в 5 мм, тому даний верстат нам підходить.

Для виготовлення Деталі 2 ми можемо використовувати верстат, за допомогою якого виготовляємо Деталь 1. Він підходить по характеристикам так як деталі схожі. Їх товщина відрізняється на 1 мм, а матеріал виготовлення у Деталі 2 має меншу твердість.

Для виготовлення Деталі 3 нам необхідний токарний верстат. Для даної задічі нам підійде токарно-гвинторізний верстат OPTIturn 5620D(Рис 3.17). Даний верстат забезпечить необхідну точність оброблення деталі за рахунок малого радіального биття в 0.015 мм, та 12-ти ступінчастої коробки швидкостей.



Рис. 3.17 Токарно - гвинторізний іверстат OPTIturn 5620D

Деякі характеристики верстату:

- Двигун 7.5 кВт
- Швидкозмінний картридждний резцедержатель SWH 7-C.
- Змінна державка 32x150 мм тип D - 1 шт.
- Нерухомий люнет, прохідний отвір макс. 165 мм.
- Рухомий люнет, прохідний отвір макс. 95 мм.
- Система подачі ЗОР.

Після отримання готових матеріалів ми переходимо до технології складання механізму. Для більшої зручності розіб'ємо її на етапи:

1. Отримання готових матеріалів та їх перевірка за списком;
2. Кріплення направляючих до Деталі 2 (Рис 3.18(а));
3. Встановлення лінійних підшипників на Деталь 2 (Рис 3.18(б));
4. Кріплення Деталі 3 до Деталі 2 та встановлення підшипників (Рис 3.18(в));
5. Встановлення рейок на Деталі 1 (Рис 3.18(г));
6. Встановлення двигуна на Деталь 2 та встановлення шестерні (Рис 3.18(д));
7. Збірка всього механізму. (Рис 3.18(е));

Для отримання правильної збірки виконаємо креслення (Дотаток А). Прикріплюємо направляючі типу “Вал на опорі ” за допомогою гвинтів до Деталі 2.

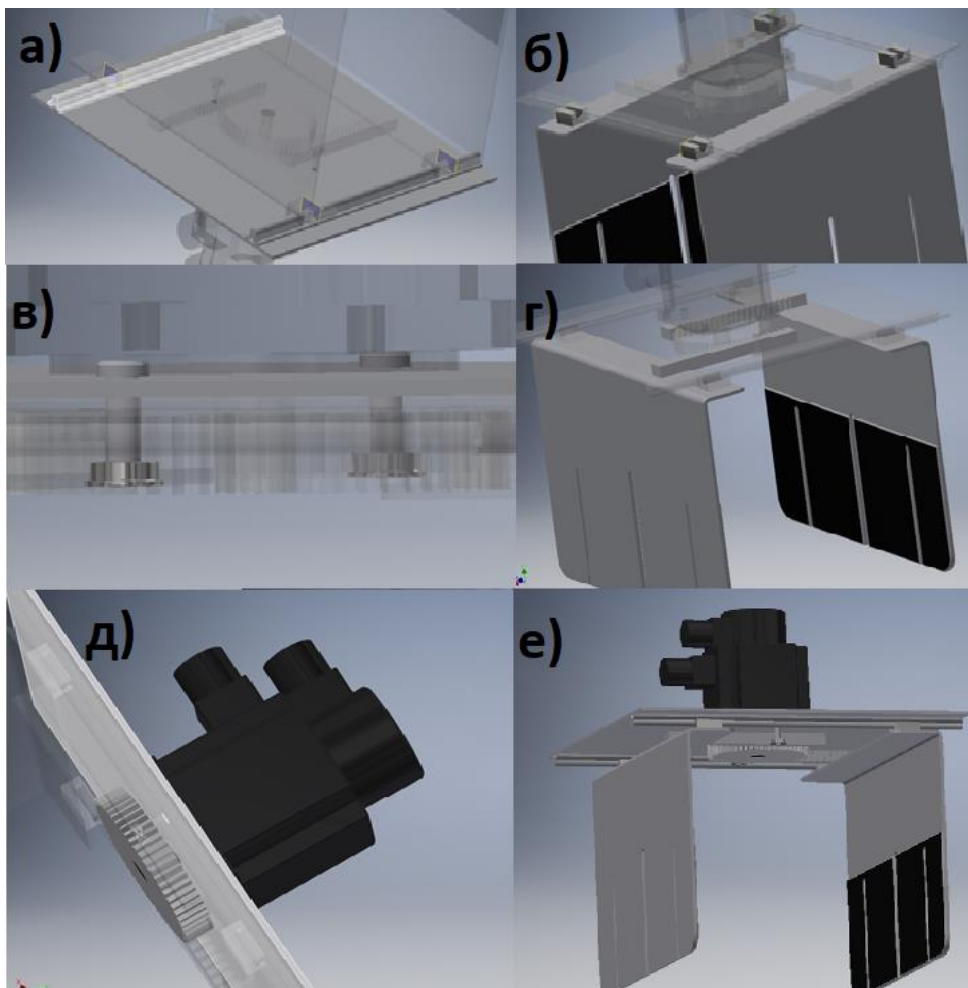


Рис. 3.18 Процес збірки захвату

Ключовою задачею яку ми вирішили, являється розробка захвату для нового вимірювального маніпулятора під спеціальні габаритні розміри коробок. В ході роботи ми виконали проектування деталей та збірки, розробку чорнового креслення збірки, технології виготовлення потрібних деталей.

В результаті виконаної роботи маємо проект з розробки захвату маніпулятора.

3.3 Підбір електродвигунів

У вимірювальному маніпуляторі встановлені 6 електродвигунів для отримання різного виду переміщень. Двигуни відрізняються між собою потужністю, геометричними параметрами та вагою.

Перший двигун, який використовується – це електродвигун малої потужності, для захвату коробки. Для таких цілей нам потрібний якомога менш важкий двигун. Із характеристик нас задовольнить потужність 0.5 кВт та швидкістю від 900 об/хв і вище. Оскільки ми використовуємо шестерню з 58 зубами та діаметром 90 мм. А навантаження не буде перевищувати 400 Н.

На ринку електродвигунів доволі популярною моделлю є АИР, а нас цікавить модель АИР 63В2, схему параметрів якого можна спостерігати на рисунку 3.19.

Даний двигун задовольняє наші потреби, так як має потужність 0.55 кВт та швидкість 3000 об/хв. При цьому його вага дорівнює 5.5 кг, що також є його перевагою.

Наступний двигун виконує обертальний рух захвату. Навантаження на нього діє те ж саме з додаванням ваги минулого двигуна що становить 55 Н, тому ми використати такий же самий двигун АИР 63В2, тим самим спростимо наш вибір двигунів.

Тип	L1	L10	L17	L21	L30	L31	L33	b1 b2	b10	b16	h	h5 h6	h10	h31
АИР63В	30	80	7	10	237	40	263	5	100	10	63	16	8	161
Тип	d1 d2	d20		d22		d24		d25						
		2081 3081	2181 3681	2081 3081	2181 3681	2081 3081	2181 3681	2081 3081	2181 3681					
АИР63В	14	130	75-100	10	M5-M6	160	90-110	110	60-80					

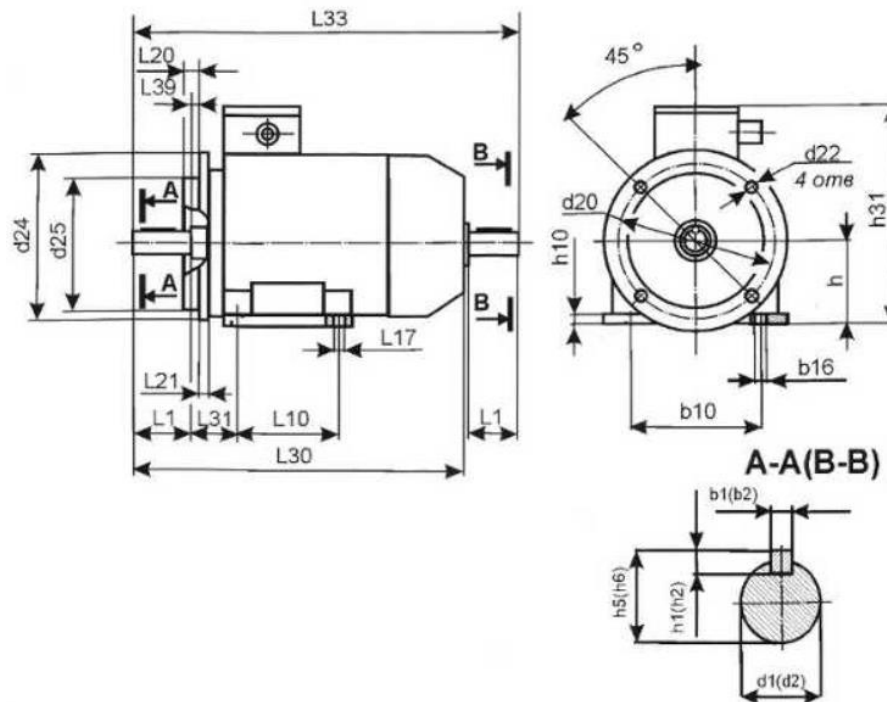


Рис. 3.19 Схема параметрів електродвигуна АИР 63В2

Слідуючі двигуни приводять в рух головну та допоміжну ланки. Слід розрахувати необхідну потужність двигунів за формулами.

$$P_1 = M_{\text{кр}1} * \omega_1$$

У даній формулі P_1 - потужність двигуна (кВт), $M_{\text{кр}1}$ – крутний момент(Н*м), ω – кутова швидкість. Крутний момент визначається за формулою:

$$M_{\text{кр}1} = mgL_1$$

Де m – маса вантажу плюс попередніх ланок та приборів, L – довжина плеча, g – сила тяжіння.

Розрахуємо потрібну потужність двигуна для встановлення на з'єднанні головної ланки з допоміжною, якщо ми знаємо що $m = 80$ кг, $L1 = 700$ mm,

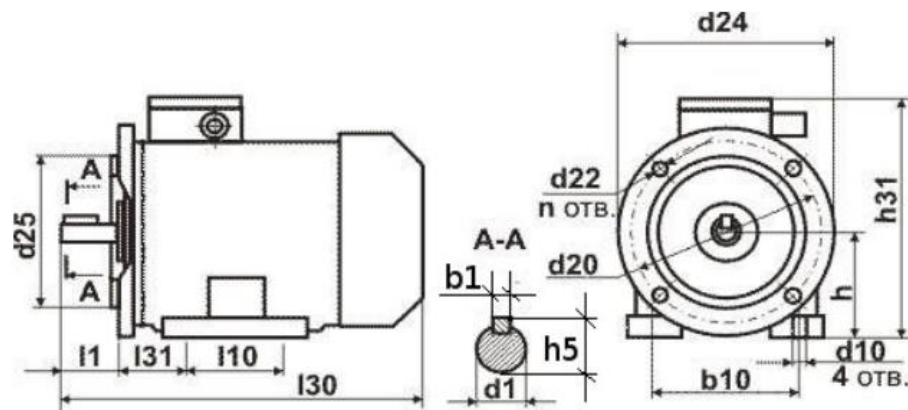
$$\omega_1 = 20 \frac{\text{об}}{\text{хв}} = 2.1 \text{ рад/с} :$$

$$P_1 = mgL_1 * \omega_1 = 80 * 10 * 0.7 * 2.1 = 1.12 \text{ кВт}$$

Також окремо розрахуємо крутний момент :

$$M_{кр1} = 80 * 0.7 * 10 = 560 \text{ Нм}$$

За даними розрахунками можемо підібрати електродвигун для допоміжної ланки. Судячи з розрахунків для цієї задачі підійде АИР 80А2 (вага 20 кг) (Рис. 3.20)



Эл-двигатель	Фланец		l30	d24	l1	d1	d20	d22	d25	l21	l20	h5	b1	d30
	ГОСТ	DIN												
АИР 80 А2,4,6,8	FT100	C120	300	120	50	22	100	M6	80	10	3,0	24,5	6	175
	FT130	C160		160			130	M8	110		3,5			

Рис. 3.20 Електродвигун АИР 80А2 (Креслення)

За аналогією обираємо двигун для головної ланки. Проводимо розрахунки за тими ж формулами підставляючи нові значення : $m_2 = 100 \text{ кг}$, $L_2 = 900 \text{ мм}$,
 $\omega_1 = 20 \frac{\text{об}}{\text{хв}} = 2.1 \text{ рад/с}$.

$$M_{кр2} = 100 * 0.9 * 10 = 900 \text{ Нм}$$

$$P_2 = M_{кр2} * \omega_2 = 900 * 2.1 = 1.89 \text{ кВт}$$

Виходячи з вимірювань, нам підходить електродвигун АИР 80В2(Вага 20 кг) (Рисунко 3.21)

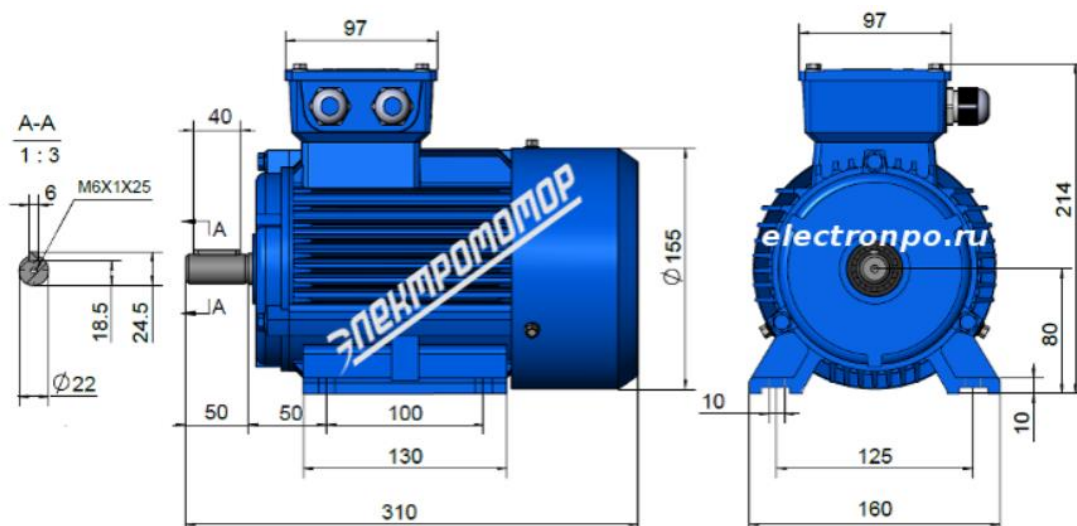


Рис. 3.21 АИР 132S6 (Креслення)

Наступний двигун приводить в обертальний рух систему маніпулятора, і встановлюється на систему осі Х. Для даної задачі підійде електродвигун на 5.5 кВт 132S6 (Рис. 3.22).

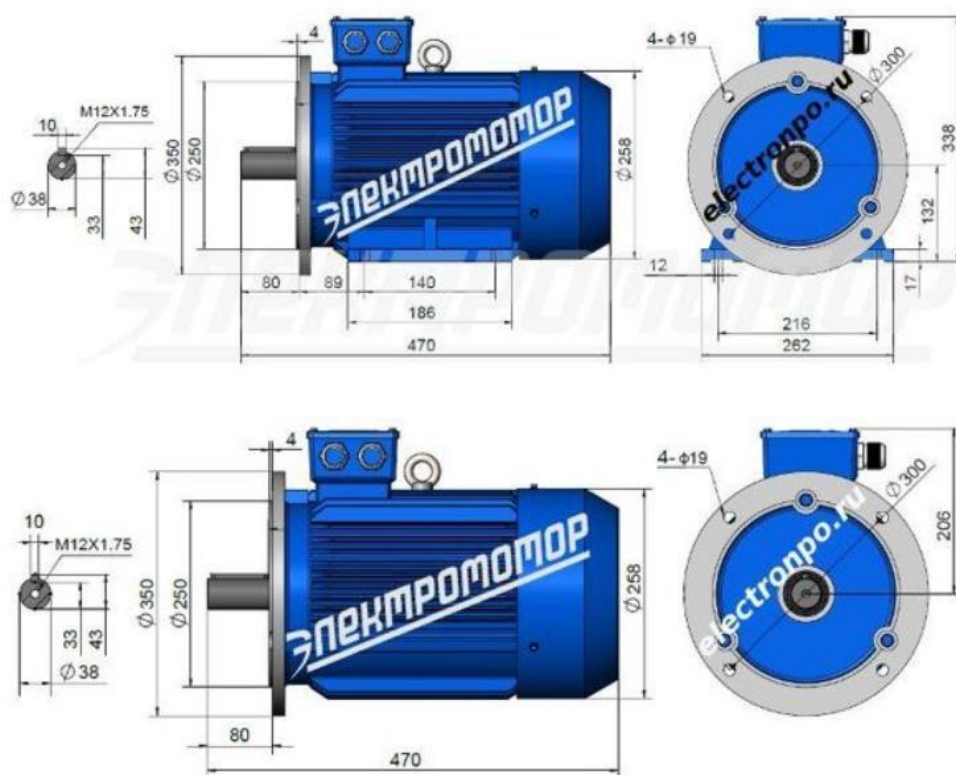


Рис 3.22 Електродвигун АИР132S6

Останній двигун - мотор-редуктор, який приводить в рух систему маніпулятора та рухає її вздовж осі Х. Оскільки на даний двигун приводь в рух систему з зубчастим зачепленням, і є частиною інтегрованої системи, яку можна придбати, ми можемо припустити, що даний двигун потужністю 7.6 кВт, і його аналогом є АИР 132S4 (Рис. 3.23).

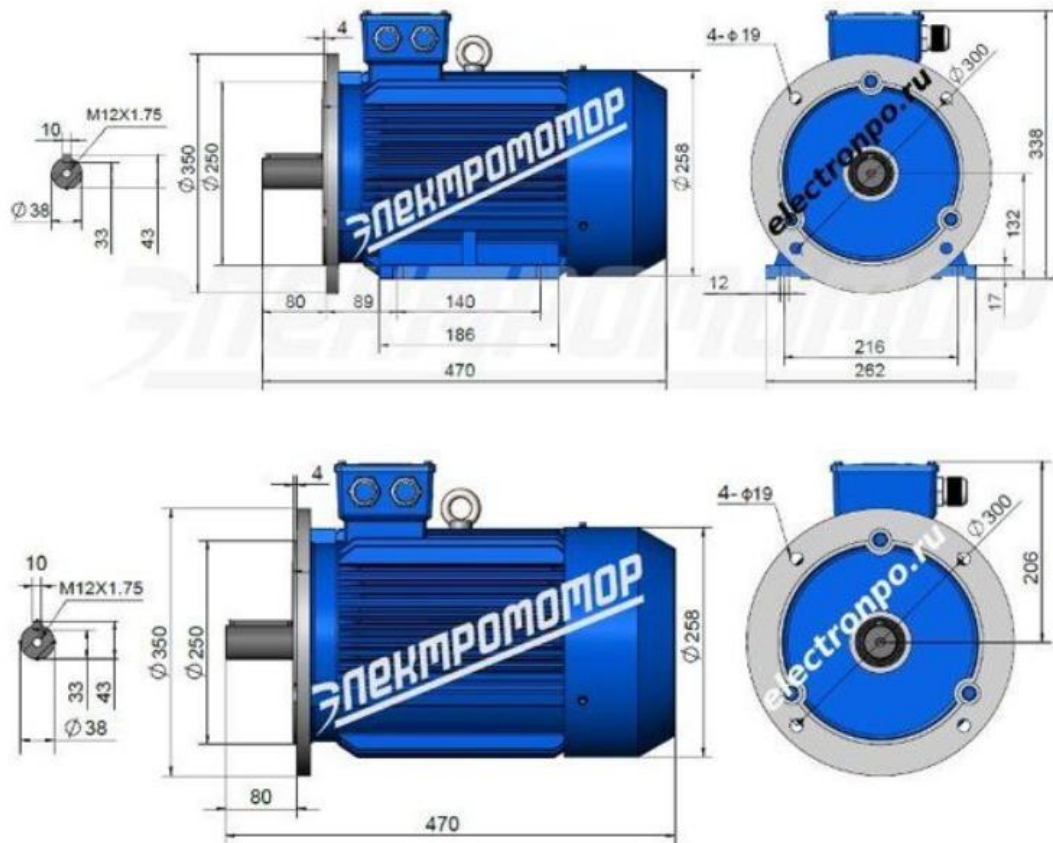


Рис 3.23 Електродвигун АИР132S4

3.4 Технологія виготовлення кріплення для 3Д сканера

Кріплення для 3Д сканера (Рис. 3.24) являє собою збірку нескладних деталей та елементів кріплення. Складальний кресленик кріплення 3Д сканера наведений в Додатку А (СК004). Дана збірка включає в себе наступні деталі: профіль з просвердленими отворами(а), основна трубка (б), опорна трубка (в), сферичний шарнір в корпусі (г), ходунок з кріпильними елементами (д), кріплення для сканера (е), рояльна петля (ж).

Технологія виготовлення цієї збірки є простою. Для деталі (а) необхідно закупити профіль шириною 100мм та довжиною 1м і виконати операцію свердління отворів усіх отворів, після цього дана деталь готова. Деталь (б) виготовляється на верстаті для гнуття труб. З інструменту потрібен дорн для гнуття та колесо для гнуття. Дану операцію можна довірити компаніям, які займаються цим ремеслом, оскільки у них завжди можна знайти великий асортимент інструменту для таких верстатів. Ходунок з кріпильними елементами (д), рояльна петля(ж), сферичний шарнір в корпусі (г) – деталі, які можна придбати готовими на ринку, або ж інтернет магазині. Кріплення сканера (е) – деталь, яка виготовляється на лазерному верстаті та гнеться.

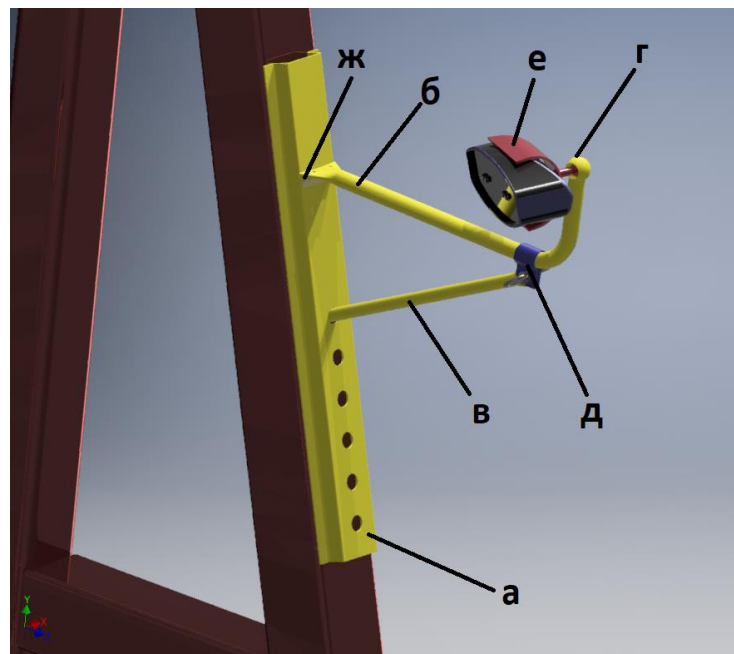


Рис. 3.24 Кріплення для 3Д сканера

Серед верстатів, які нам необхідні для виготовлення всіх деталей: лазерний, свердлильний, торцювальний, та верстат для гнуття труб. Верстат для лазерного оброблення використовуємо уже нам відомий TRUMPF L2503. Так само з торцювальним – це Makita LC1230N. Верстат для гнуття труб може піти будь-який, бо важливими елементами в ньому є саме колесо та дорн.

Свердлильний верстат вибираємо FE 50 X (Рис. 3.ххх), нідерландського виробництва. Для нарізання отворів нам необхідно встановити свердло діаметром 20 мм, а даний верстат дає змогу встановлювати свердла діаметра від 12 до 50 мм.

Характеристики верстату:

- Потужність 1150 Вт
- Шпиндель Морзе 2 - 19 мм (3/4 ") Weldon
- Діаметр сверлення Ø 12 - Ø 50 мм (2 ")
- Хід 160 мм
- Вага 13 кг
- Потужність магніту 1500 кг (3304 фунтів)



Рис. 3.хххх Свердлильний верстат FE 50 X

3.5 Механізм повороту системи маніпулятора

У якості механізму повороту системи маніпулятора було обрано опорно-поворотний пристрій (ОПУ) з редуктором та зубчастим колесом (Рис. 3.24) компанії TGB Group.

ОПУ з черв'ячним редуктором серії BE. Передавальне число 44: 1. Номінальний крутний момент 3,38 кНм.

Високоточні і з низьким люфтом TGB ОПУ серії BE призначені для промислового застосування. Повністю закриті з манжетою (клас захисту IP65). Глобоїдна нарізка на кільці і високоякісна червячна шестерня.

ОПУ TGB призначені для експлуатації в горизонтальному і / або вертикальному положенні і невисокій швидкості обертання. ОПУ TGB Group Technologies є самоблокувальними і не вимагають застосування додаткових гальмівних систем. ОПУ також обладнані різними фланцями для простого підключення електричного або гідравлічного мотора.

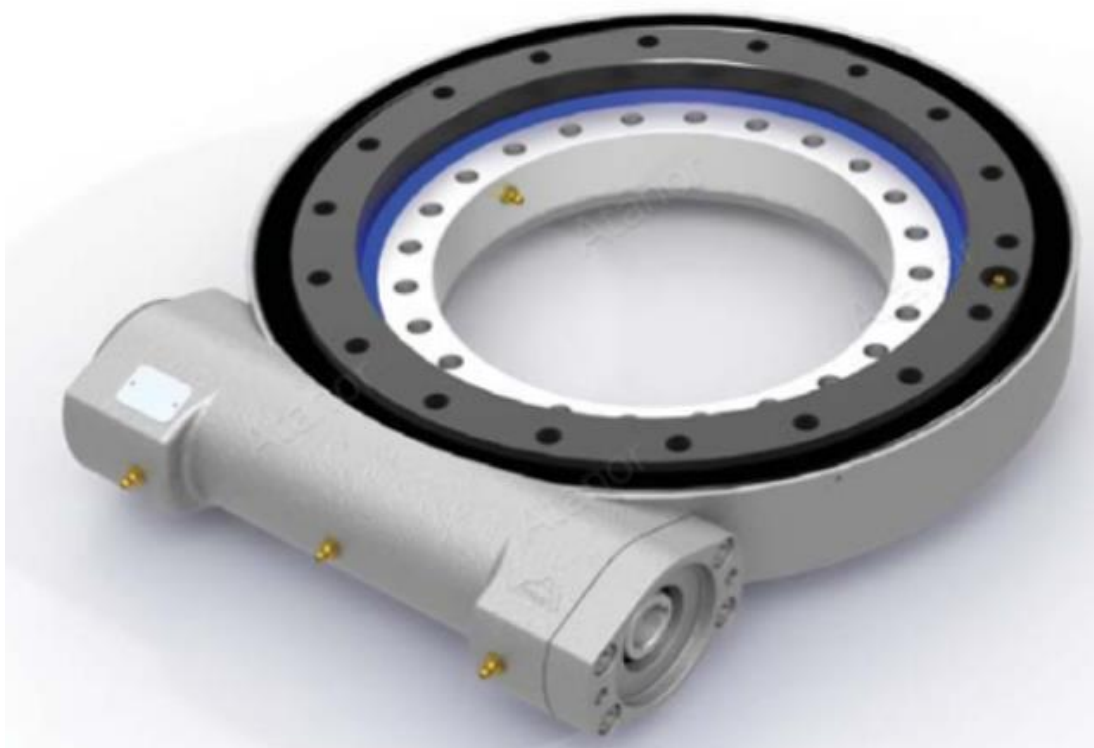


Рис 3.24 TGB ОПУ серії BE

Дані механізми є доволі виграним рішенням нашої проблеми, так як дані механізми мають ряд кріпильних отворів, за допомогою яких можна виконати вертикальне кріплення системи маніпулятора до нашої осі Х. Вид збоку даного механізму наведений на рисунку 3.25.

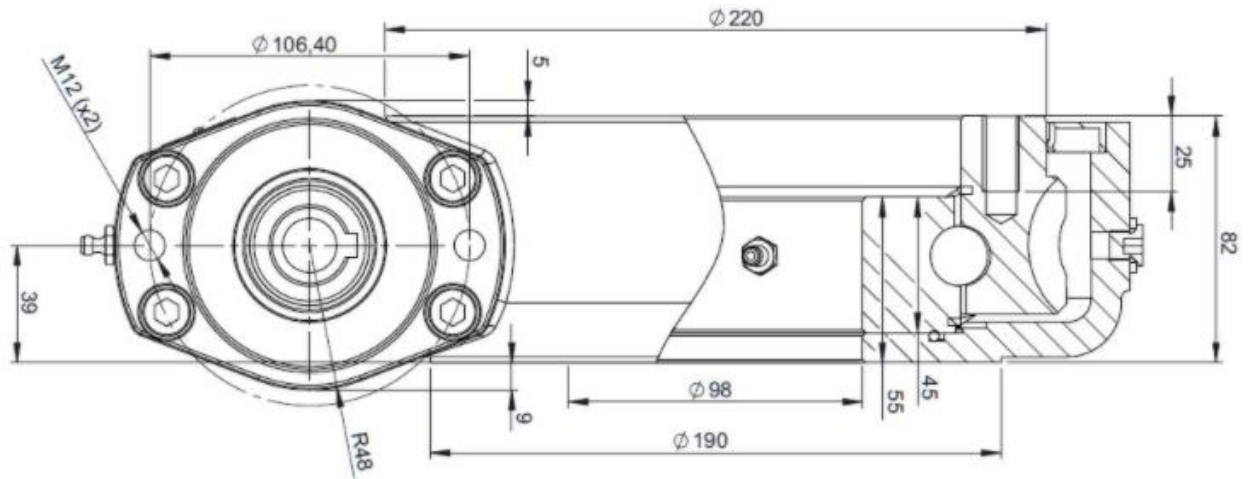


Рис 3.25 Вид збоку ОПУ (Креслення)

Основне креслення даного механізму (Рис. 3.26) ми можемо отримати у офіційного дистриб'ютора даного товару “Атанор Инжиниринг”, або ж використати для загального розуміння те що є на їхньому сайті [13].

Призначення таких ОПУ багатогранно: маніпулятори, рами трекерів сонячних панелей, промислові силові модулі, поворотні механізми машин, стенди для зварювальних, складальних або монтажних робіт. Системи упаковки і палетування, транспортування, поворотні платформи.

3.6 Деталь 3Д друку

Останньою нерозглянутою технологією у нашому стартапі є 3Д друк. У вимірjuвальному маніпуляторі ми розглянули датчики, та встановили один для розпізнавання положення коробок. Кресленик даної деталі наведений у Додатку А (Корпус). Для встановлення його на раму маніпулятора нам необхідно виготовити корпус (Рис. 3.27).



Рис. 3.27 Корпус для датчика

Виготовляти дану деталь слід з АБС пластику. Даний пластик дає блискучу поверхню, має хорошу хімічну стійкість, стійкий до лугів і мастил, характеризується зниженими електроізоляційними властивостями.

Для виконання 3Д друку зберігаємо деталь у форматі STL та відкриваємо його у програмному середовищі Cura для шарування та подальшого друку.

Для друку АБС пластиком виставляємо характерні параметри друку. Виставляємо деталь під кутом 60 градусів до горизонту. Серед параметрів, які не залежать від типу пластику вибираємо висоту шару в 0.25 мм – даної точності деталь нас повністю влаштовує, також: товщина стінки – 1.2 мм, тип підтримки – вскрізь, тип прилипання до столу – кайма, щільність заповнення – 15% та інші.

Серед параметрів, які залежать від типу пластику: швидкість друку – 60 мм/с, температура друку – 245 град, температура столу – 105 град, температура друку першого шару – 15 мм/с, : швидкість друку першого шару – 15 мм/с.

Після цього отримуємо деталь поділену на шари (Рис. 3.28).

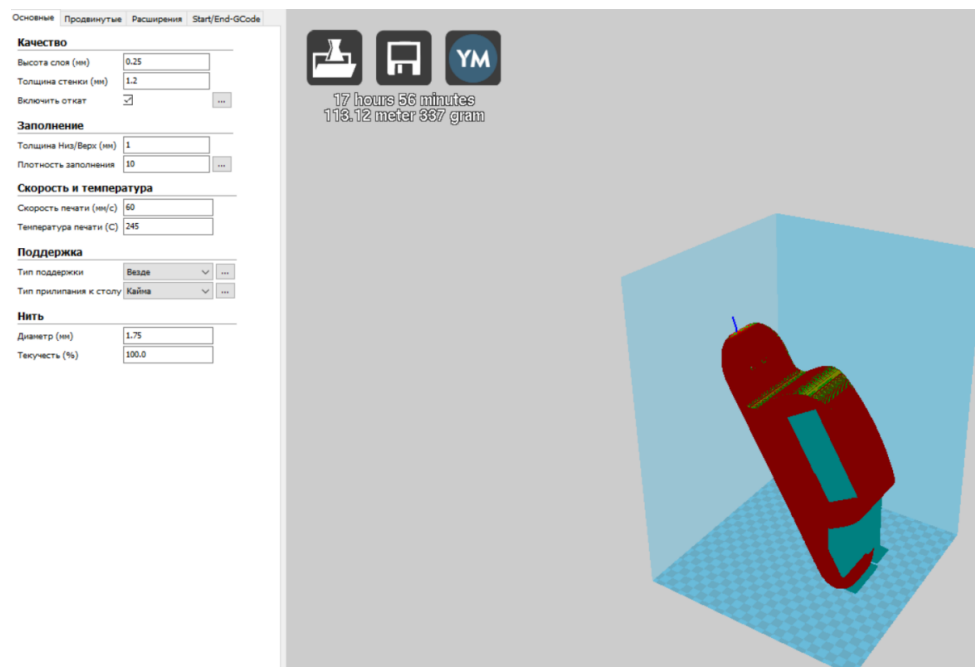


Рис. 3.28 Корпус для сканера готовий до 3Д друку

Наступним кроком необхідно обрати 3Д принтер. Оскільки параметри друку є доволі стандартними та нескладними, а точність, така що її можуть забезпечити майже усі 3Д принтери, то єдиним параметром, який має нас задовольняти є робоча площа та максимальна висота друку.

При шаруванні ми встановили дані параметри як 250 x 250 x 300 мм, тому можемо підібрати по ним принтер у спеціалізованому магазині.

Серед тих, які нам підходять є 3Д принтер українського розробника KLEMA 250 (Рис. 3.29).

Характеристики оглянутого 3Д принтера:

- Область побудови 250 x 250 x 350 мм
- Кількість сопел 1
- Діаметр сопла 0,4 (За бажанням 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.8, 1.0 мм)
- Точність позиціонування 0.00125 мм осі XYZ
- Швидкість друку від 10 мм / сек до 150 мм / сек
- Температура сопла Максимум 270°C

- Температура платформи Максимум 105°C
- Тип пластика PLA, ABS, PLA +, ABS +, ASA, HPLA, Elasthan, Platan, Primalloy, Flex, TPU, TPE, PMMA, PET, POM, PA (Nylon), PA6, Conductive ABS, Flame Retardant, Marble White PLA, Ceramic , Aluminium, Cooper, Bronze, Brass and Gold PLA filaments, Wood, Carbon Fiber, PC, PETG, HIPS, PP, PVA
- Діаметр нитки 1,75 мм
- Програмне забезпечення Cura, Simplify3D, Slic3r, KISSlicer, Repetier-Host і інші.
- Мова Український, Польська, Німецька, Англійська, Російська, Китайська, Іспанська.

Даний принтер вибираємо не лише з технічних характеристик, які повністю нас задовольняють, а і через особистий досвід користування.



Рис. 3.29 3Д принтер KLEMA 250

3.7 Розрахунок точності вимірювального маніпулятора

Для отримання результатів проведеної роботи слід виконати розрахунок точності, або ж повторюваності положення вимірювального маніпулятора. Результат дослідження покаже, наскільки даний виріб забезпечує наші потреби у точності.

Фінальна цифра покаже суму похибок усіх вузлів промислового робота. Для початку ми визначаємо похибку захвату маніпулятора. Вона рівна похибці зубчастого зачеплення E :

$$E = (n_R * G_{tf}) + (n_j * F_j)$$

Де n_R – кількість рейок (м), G_{tf} – похибка кроку рейки, n_j – кількість з'єднань, F_j – похибка встановленої планки. Звідси :

$$E1 = 2 * (1 * 0.034) + (1 * 0.025) = 0.118 \text{ мм}$$

Множимо на 2 оскільки маємо дві паралельно розміщені зубчастих рейки. Наступним кроком рахуємо похибку на вузол, який приводить в обертальний рух захват. Він буде рівний відхиленню шпонкового з'єднання з посадкою $\frac{H7}{p6}$.

Розраховуємо максимальну похибку:

$$E2 = |H7| + |p6| = |0.021| + |0.041| = 0.062 \text{ мм}$$

Наступні дві ланки матимуть однакову похибку тому приймаємо наступне значення як $E34$ та подвоюємо результат. Похибка буде рівна похибці шпонкового зачеплення. Зазвичай дану похибку вираховують з аналогією до $E2$, але ми приймемо значення 0.075 , схоже до минулих розрахунків подібного зачеплення.

$$E34 = 2 * 0.075 = 0.14 \text{ мм}$$

Остання похибка $E5$ – установа системи осі X на раму маніпулятора. Після установки системи і всіх допоміжних компонентів, ми маємо установку,

яка рухається по направляючим та має 2 зубчастих зачеплення розміщених паралельно. Розрахунок проводимо з аналогією до E1:

$$E5 = 2 * (1 * 0.034) + (1 * 0.013) = 0.094 \text{ мм}$$

Розрахуємо загальну відносну похибку конструкції:

$$E_{\text{заг}} = E_1 + E_2 + E_{34} + E_{45} = 0.118 + 0.062 + 0.14 + 0.094 = \pm 0.43 \text{ мм}$$

Даний аналіз виконаний для загального розуміння залежності точності виробу від кількості, якості, конструкції вузлів маніпулятора. В результаті ми визначили відносну похибку, яка загалом є задовільною.

Оскільки фактичний допуск на розміщення коробок на палеті рівний 5 мм, бо допуск на звисання товару з палети є 10 мм, даний виріб не потребує високої точності.

4. СТАРТАП ПРОЕКТ

У даному розділі ми виконуємо розробку стартап-проекту згідно методичних рекомендацій [15].

4.1 Опис ідеї проекту

У даному підрозділі ми описуємо зміст ідеї, напрямки застосування, ти вигоду майбутнім користувачам. Даний підрозділ допомагає нам “побачити” майбутнього клієнта та користувача.

Таблиця 4.1 – Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигода для користувача
Основною ідеєю стартап-проекту проектування та розроблення вимірювального маніпулятора з можливістю автоматичного фасування товару на палети	1. Виробництва з виготовлення будь-якої продукції, яка фасується у коробки.	Економія площі робочого приміщення, автоматизація виробництва, удосконалення конвеєрної лінії, виключення з виробництва людського фактору тощо.
	2. Склади логістичних компаній	Автоматичний аудит завантаженої продукції, дотримання норм завантаження палет, відсутність людського фактору, підвищення економічної ефективності тощо.
	3. Конвеєрні лінії	Удосконалення конвеєрної лінії, виключення людського фактору

Наступним кроком проведемо аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї. Порівнювати ми будемо з уже відомими нам з першого розділу моделями промислових роботів.

Згідно методичних вказівок визначимо показники, які мають: гірші значення(W), аналогічні (N), сильніші (S) у порівнянні з конкурентами.

Таблиця 4.2 Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№	Техніко-економічні характеристики	(потенційні) товари/конкурентів				W	N	S
		Мій проєкт	Конкурент 1	Конкурент 2	Конкурент 3			
1	Вартість	Вимірювальний маніпулятор	KUKA KR 60 HA	Fanuc M2000iA/900L	YASKA WA MOTOMAN GP215	-	-	+
2	Точність					+	-	-
3	Системи вимірювання					-	-	+
4	Робоча зона					-	-	+
5	Зовнішній вигляд					-	+	-

4.2 Технологічний аудит проекту

У даному підрозділі необхідно провести аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати нашу ідею. Щоб виконати даний аудит необхідно створити таблицю (Таблиця 4.3), та занести до неї данні щодо технологій реалізації, наявності та доступності технологій необхідних для виготовлення продукту.

Таблиця 4.3 Технологічна здійсненність проекту

№	Ідея проекту	Технології реалізації	Наявність	Доступність
1	Виготовлення рами	Закупівля матеріалів (квадратного профіля та листового металу), різання їх та зварювання.	+	+
2	Комплект направляючих та осі X	Закупівля направляючих, роликів, кареток, приводного валу, шестерень підшипників для осі X у компанії НерсоMotion	+	-

3	Виготовлення ланок маніпулятора	Закупівля матеріалів та виготовлення ланок маніпулятора за допомогою відрізання, фрезерування, штампування та зварювання. Виготовлення пуансона та матриці	+	—
4	Виготовлення захвату	Закупівля матеріалів(пара рейка-шестерня, каретки, підшипники) та виготовлення деталей захвату за допомогою токарних операцій, лазерного різання та гнуття	+	+
5	Виготовлення кріплень для датчиків	Закупівля матеріалів(труби, металевий профіль, кріплення, АБС пластик, сферичні шарніри,) та виготовлення деталей за допомогою трубогиба, свердлильного верстата, та 3д принтера	+	+
6	Вибір моторів	Закупівля електродвигунів	+	+
7	Датчики	Закупівля датчиків та з'єднання із системою за допомогою кріплень	+	+

З таблиці стає зрозуміло, що розглянута технологія є доступною, хоч і складною, та може бути реалізована .

4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

У даному підпункті проведемо загальний аналіз ринкових можливостей запуску проекту, який включає в себе : попередню характеристику потенційного ринку (Таблиця 4.4), характеристики потенційних клієнтів проекту(Таблиця 4.5), фактори загроз(Таблиця 4.6), фактори можливостей(Таблиця 4.7), ступеневий аналіз конкуренції на ринку(Таблиця 4.8), аналіз конкуренції в га-

лузі за М.Портером(Таблиця 4.9), порівняльний аналіз сильних та слабких сторін нашого стартапу “RunUp”(Таблиця 4.10),SWOT – аналіз проекту(Таблиця 4.11), альтернативи ринкового впровадження проекту(Таблиця 4.12)

Таблиця 4.4 Попередня характеристика потенційного ринку

№	Показники стану ринку	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	8
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	-
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	стагнує
4	Наявність обмежень для входу	Відсутні
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Вимоги до стандартизації за міжнародними документами для всіх деталей.
6	Середня норма рентабельності в галузі, %	85

Перевіривши таблицю, ми можемо спостерігати стагнацію ринку, але у зв'язку з доволі привабливою нормою рентабельності, даний ринок сприятливий для входу.

Таблиця 4.5 Характеристика потенційних клієнтів проекту

№	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Відмінності у поведінці різних потенційних груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Проведення вимірювань на конвеєрах та під час фасування	Логістичні компанії, компанії виробники продукції, великі склади з конвеєрами	Швидкість роботи, точність вимірювання, можливість по монтажу	До продукції: габарити, швидкість роботи, зовнішній вигляд До компанії постачальника: гарантія, монтаж конструкції на підприємстві.
2	Фасування товару			
3	Збільшення функціоналу маніпуляторів			

Таблиця 4.6 Фактори загроз

№	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Вето на ввезення товарів	Цей фактор впливає на інтеграцію деталей і вузлів закордонних компаній	Взаємозаміна імпортованої продукції та нова розробка
2	Економічний	Економічний спад в галузі	Перегляд технології виробництва
3	Податковий	Впливає на рівень прибутку	Падіння рівня прибутку

Таблиця 4.7 Фактори можливостей

№	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Міжнародний ринок	Вихід на міжнародний ринок може бути стрімким і при правильній рекламній поведінці можна захопити велику частину ринку	Збільшення рівня інвестицій або ж кредитування на розвиток підприємства та збільшення масштабів виробництва
2	Економічний	При відносно невеликій ціні на продукцію – ріст рентабельності	Утримання цін на товар задля отримання максимальних прибутків
3	Соціальний	При наявності інтегрованих частин/деталей інших компаній з інших країн, стартап може бути тепло зустрітий на ринках тих країн	Вихід на нові ринки

Таблиця 4.8 Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

№	Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства
---	--------------------------------------	---	----------------------------------

1	Тип конкуренції - монополістична	На рику існує певна кількість компаній, які стараються перетягнути на свою сторону якомога більше клієнтів	Заставляє підприємство намагатись стати унікальним
2	За рівнем конкурентної боротьби - міжнародний	Ринок даної продукції є міжнародним	Вихід на міжнародний рівень
3	За галузевою ознакою – промислове підприємство	Виготовляють здебільшого машини, обладнання	Збільшена уважність до нормативних документів
4	Конкуренція за видами товарів – товарно родова	Конкуренція між взаємозамінними товарами	Вимога до високих характеристик товару
5	За характером конкурентних переваг - нецінова	Підвищення технічних характеристик	Оскільки на ринку багато професіоналів в даній сфері слід притримуватись максимально можливої ефективності при максимально можливому бюджеті
6	За інтенсивністю - марочна	Марочна політика є доцільною, оскільки з часом можна розробити асортимент продукції і переший проект слугуватиме рекламою для всіх інших	Збільшення попиту, прибутку, зменшення витрат на рекламу

Таблиця 4.9 Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	Виробники промислових робіт із встановленим датчиками	Виробники робіт-маніпуляторів	Виробник направляючих та комплексних рішень	Збільшення функцій	Промислові роботи німецьких та японських компаній

Ви-сно-вки	Встановлення більш точніших датчиків та збільшення функціональних можливостей	Зменшення ціни на продукцію та концентрація на своїй задачі	Підписання більш вигідних угод на поставання	Отримання зворотнього зв'язку для удосконалення виробу	Можливість створення оригінальної гілки направлення розвитку маніпуляторів
------------	---	---	--	--	--

На основі даних таблиць створюємо нову – розроблення ринкової стратегії проекту.

Таблиця 4.10 – Розроблення ринкової стратегії проекту.

№	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування
1	Вартість	Ціна за потрібний функціонал. Конкурентні компанії мають збільшений функціонал і є універсальними для багатьох галузей.
2	Функціонал	Відсутність високоточних характеристик, таких як точність повтору в 50 мкр, які не потрібні для виробу у даній галузі. Наявність системи вимірювання
3	Дизайн	Фарбування, нанесення логотипу компанії
4	Виготовлення	Виготовлення більшості елементів, та збірка продукту буде в Україні тим самим можна залучити велику кількість професіоналів, за відносно не великі кошти

Таблиця 4.11 Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін “вимірювального маніпулятора”

№	Фактор конкурентно-спроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів конкурентів у порівнянні з нашим						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Вартість	16	+						
2	Функціонал	17			+				

3	Дизайн	10				+			
4	Виготовлення	15			+				

Наступним етапом ринкового аналізу є SWOT-аналіз (матриці сильних та слабких сторін, загроз та можливостей). Даний аналіз є наслідком результатів проведених вище.

Таблиця 6.12 SWOT – аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: вартість, функціонал, середовища використання, сприятливе ринкове середовище, робоча площа	Слабкі сторони: точність, велика кількість конкурентів, потреба у висококваліфікованих програмістах
Можливості: можливість виготовлення на території України, можливість стрімкого росту	Загрози: малий попит, відсутність інвестицій

Далі визначимо альтернативи ринкового впровадження проекту, на основі попереднього аналізу.

Таблиця 6.13 Альтернативи ринкового впровадження проекту

№	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів, %	Строки реалізації, місяців
1	Палетайзери	50	20
2	KUKA, Yaskawa, ABB	90	8
3	Інститути	20	24

4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Таблиця 6.14

№	Опис цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживача сприйняти продукт, %	Орієнтований попит в межах цільової групи ,комплектів/рік	Інтенсивність конкуренції в сегменті, %	Простота входу у сегмент, %

1	Логістичні компанії	60	10	30	45
2	Компанії виробники харчової продукції, іграшок, побутової хімії та ін.	75	20	85	55
3	Підприємства з конвеєрами	85	5	70	70
4	Складські приміщення	30	2	20	80

Таблиця 4.15 Визначення базової стратегії розвитку

№	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1	Верстат для конвеєрного підприємства	Вибіркова	Вартість, точність, швидкість роботи	Стратегія розвитку продукту

Таблиця 4.16 Визначення базової стратегії конкретної поведінки

№	Чи є проект "першопрохідцем" на ринку	Чи буде компанія шукати нових споживачів або забирати існуючих конкурентів	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента	Стратегія конкурентної поведінки
1	Ні	Так	Ні	Сполучна

Таблиця 4.17 Визначення стратегії позиціонування

№	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартаппроекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту
1	Вартість	Стратегія розвитку продукту	+	+
2	Функціонал		+	+
3	Монтаж		+	+
4	Точність		+/-	-
5	Автономність		+/-	-

4.5 Маркетингова програма стартап-проекту

Першим пунктом сформуємо маркетингову концепцію товару. Для цього у таблиці підсумуємо результати попереднього аналізу конкурентоспроможності.

Таблиця 4.18 Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами(існуючи або які потрібно створити)
1	Вартість	Вартість комплексного рішення	Пониження точності тим самим зниження вартості комплектуючих
2	Функціонал	Можливість використання у різних сферах діяльності	Використання датчиків
3	Монтаж	Адаптація до поверхонь кріплення	Створення групи людей для виїзду на монтаж
4	Точність	Забезпечення необхідної точності	Комбінування ПЗ, механіки та сканування габаритів
5	Автономність	Відсутність людського фактору	Максимально просте керування та калібрування

Таблиця 4.19 Визначення ключових переваг

Рівні товару	Сутність та складові	
1.Товар за задумом	Дешевий, функціональний пристрій для виміру габаритів транспортуючих коробок та фасування на палети	
2.Товар у реальному виконанні	1. Вартість 2. Багатий функціонал 3. Достатня точність роботи 4. Автоматизований пристрій	
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: за рахунок ПЗ та нормативних документів – патентів.		

Наступним кроком слід визначитись з ціновими межами, якими слід керуватись для встановлення компетентної ціни на товар.

Таблиця 4.20 Визначення меж встановлення ціни

№	Рівень цін на товари замінники	Рівень цін на товари аналогів	Рівень доходів цільової групи	Верхня та нижня межа встановлення ціни на товар
1	100	60	-	60-100

Таблиця 4.21 Формування системи збуту

№	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функція збуту, які має виконувати поставальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Поступова	Продаж продукції, окремих	Нульовий канал	Вертикальна

		компонентів, монтаж		
--	--	------------------------	--	--

Фінальною складовою маркетингової програми є розробка концепції маркетингових комунікацій. Результатом даної концепції є ринкова програма.

Таблиця 4.22

№	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікації, якими користується клієнт	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Вимоги до вартості товару, його функціоналу, можливості монтажу на своєму підприємстві	Веб-сайт, прямі звернення компаній, виставки	Вартість, функціонал, автономність, простота у використанні	Отримання доступу на розміщення продукції на виставках, побудова концепції прямої продажі та підходу до клієнта	Ви не знаєте, як перемістити котику з конвеєра, звертайтеся до нас!

4.6 Висновки за StartUp - проектом

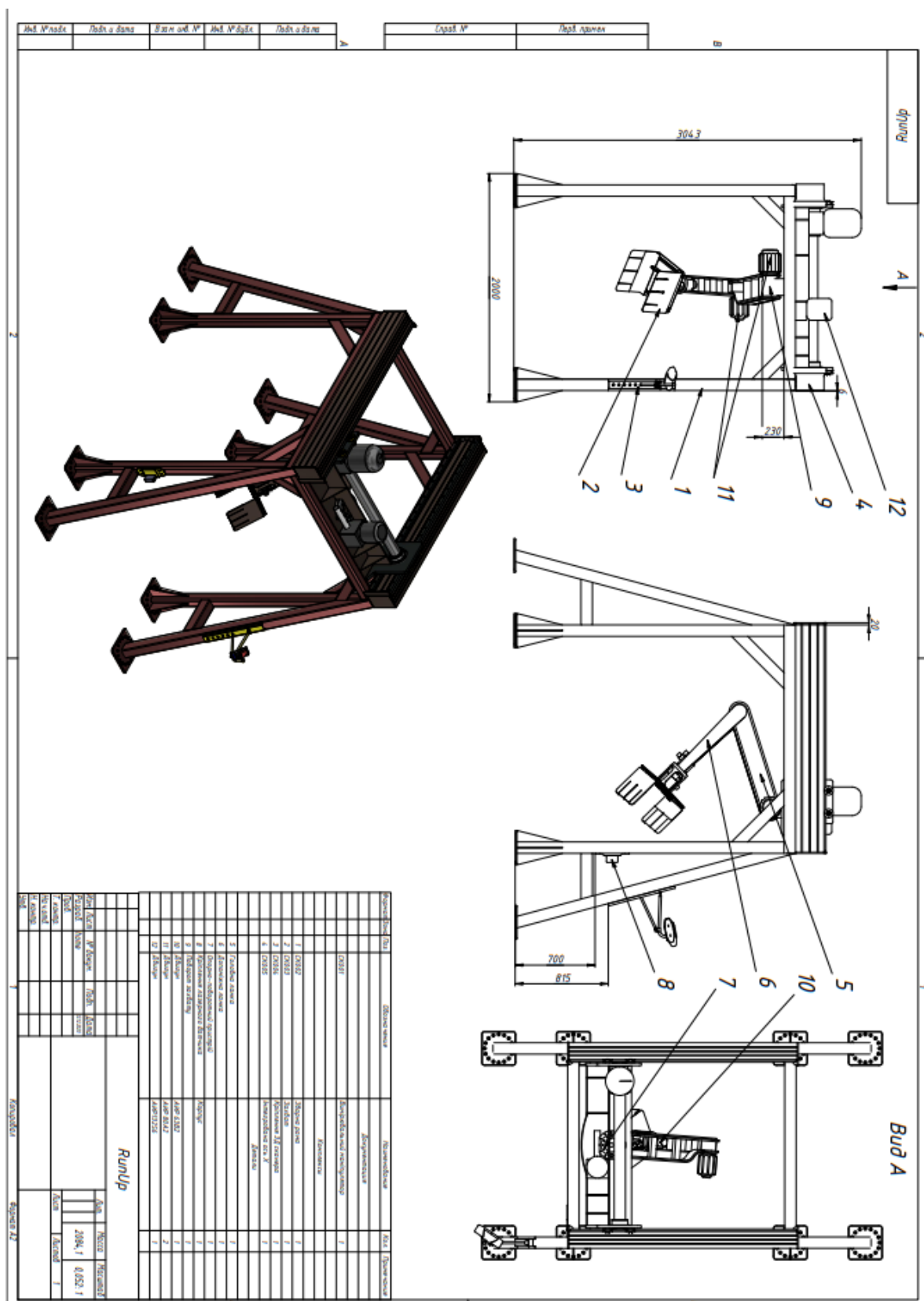
У результаті проведеного аналізу StartUp-проекту ми можемо припустити, що вимірювальний маніпулятор має попит на ринках не тільки України, а і за кордоном. Ринок може досить добре зустріти даний продукт, а за рахунок своїх характеристик отримати позитивні відгуки від споживачів та бути затребуваним.

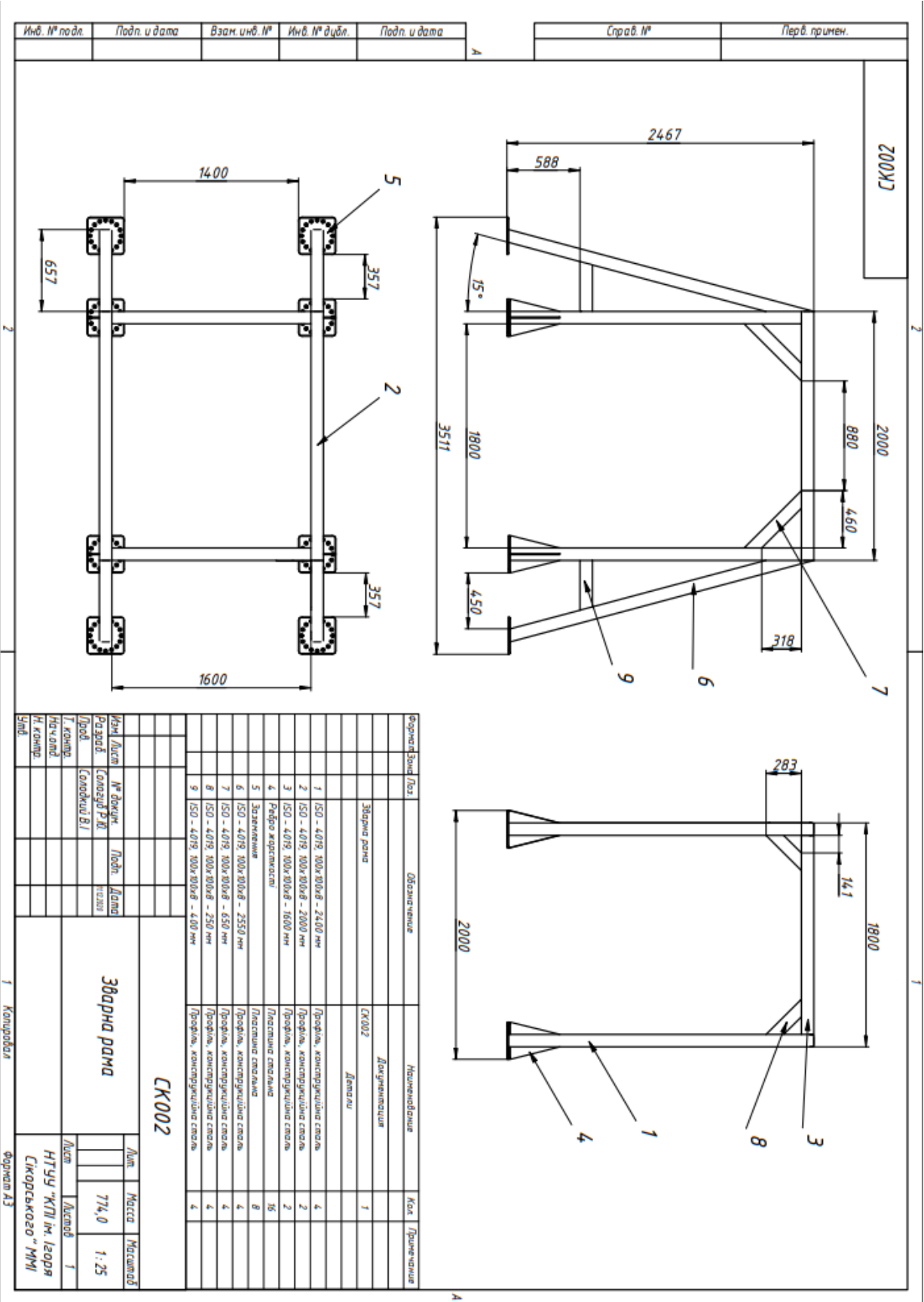
Список джерел

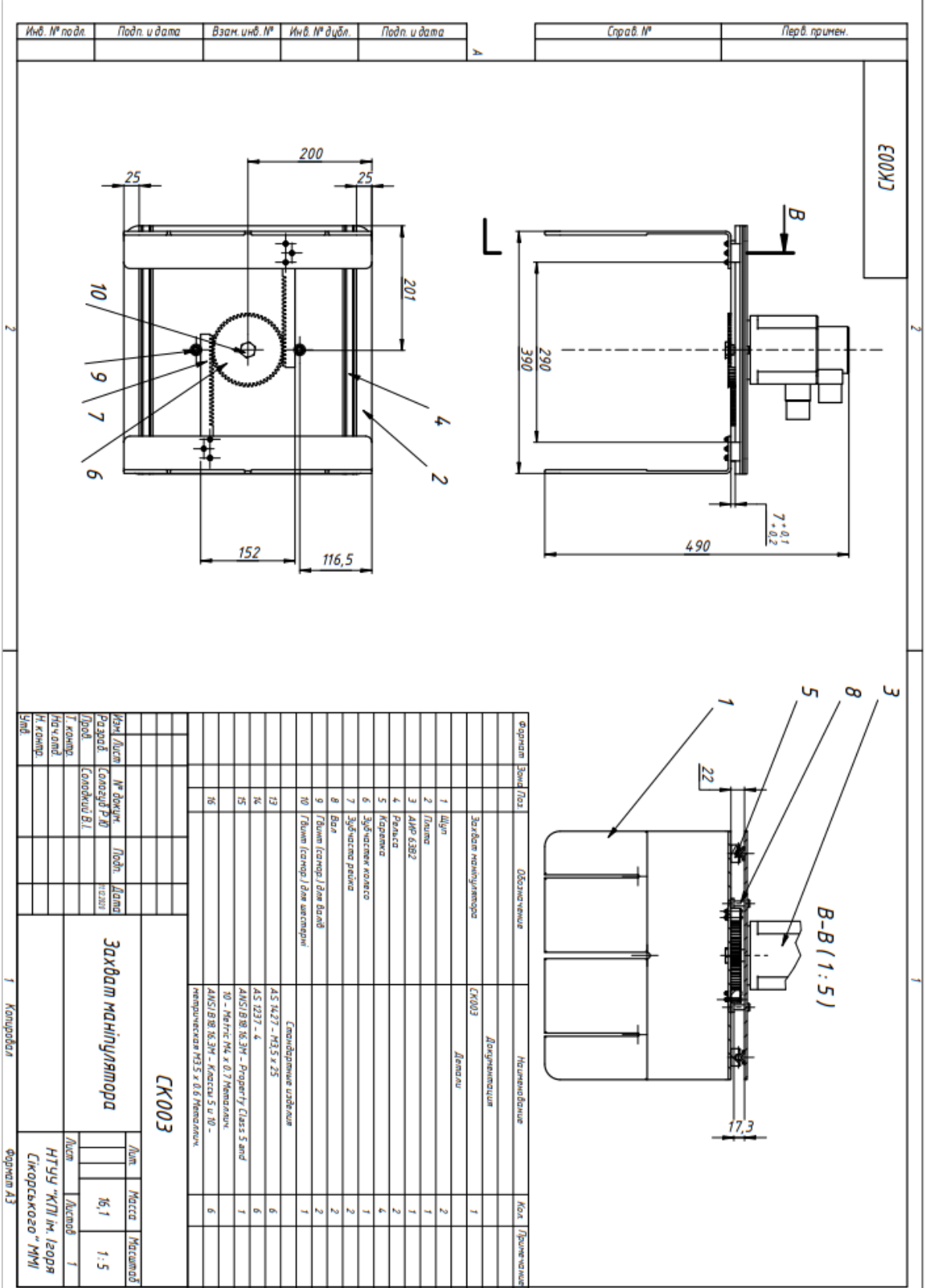
1. Похомов М. Ю. Розробка системи керування роботом – маніпулятором Katana [Електронний ресурс] / Михайло Юрійович Похомов // Кафедра "Електроприводу та автоматизації промислових установок". – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <http://masters.donntu.org/2017/etf/pahomov/diss/indexu.htm>.
2. <https://www.kuka.com/>
3. <https://www.motoman.com/en-us>
4. <https://www.fanuc.eu/ua/>
5. <https://new.abb.com/>
6. <https://www.sick.com/ag/en/>
7. <https://arduino.ua/art21-yltrazvykovoi-dalnomer-hc-sr04>
8. <https://www.3dsystems.com/applications/3d-scanning>
9. CATALOGUE No HDS2 UK [Hepco Side Systems Ltd.]
10. <https://systemgroup.com.ua/uk/rishennya-ta-pz/upravlinnya-skladom/vagogabarytni-vymiryuvannya/autocube-8200-avtomatychne-vymiryuvannya-gabarytiv-vid-honeywell>
11. <https://www.sensotek.com/>
12. https://ibud.ua/ru/dokument/dstu-b-v-1-2-3-2006-progiby-i-peremeshcheniya-trebovaniya-proektirovaniya-759#_Toc152148863
13. <https://drive-v.ru/produktsiya/oporno-povorotnye-ustrojstva/tgb-opu-serii-be/tgb-be236-z1/>
14. http://www.precise-rotation.ru/load/promyshlennye_detali/oporno_povorotnye_ustrojstva_proizvodstvo/oporno_povorotnye_ustrojstva_opu_s_chervjachnym_privodom/61-1-0-157

15. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.

ДОДАТОК А

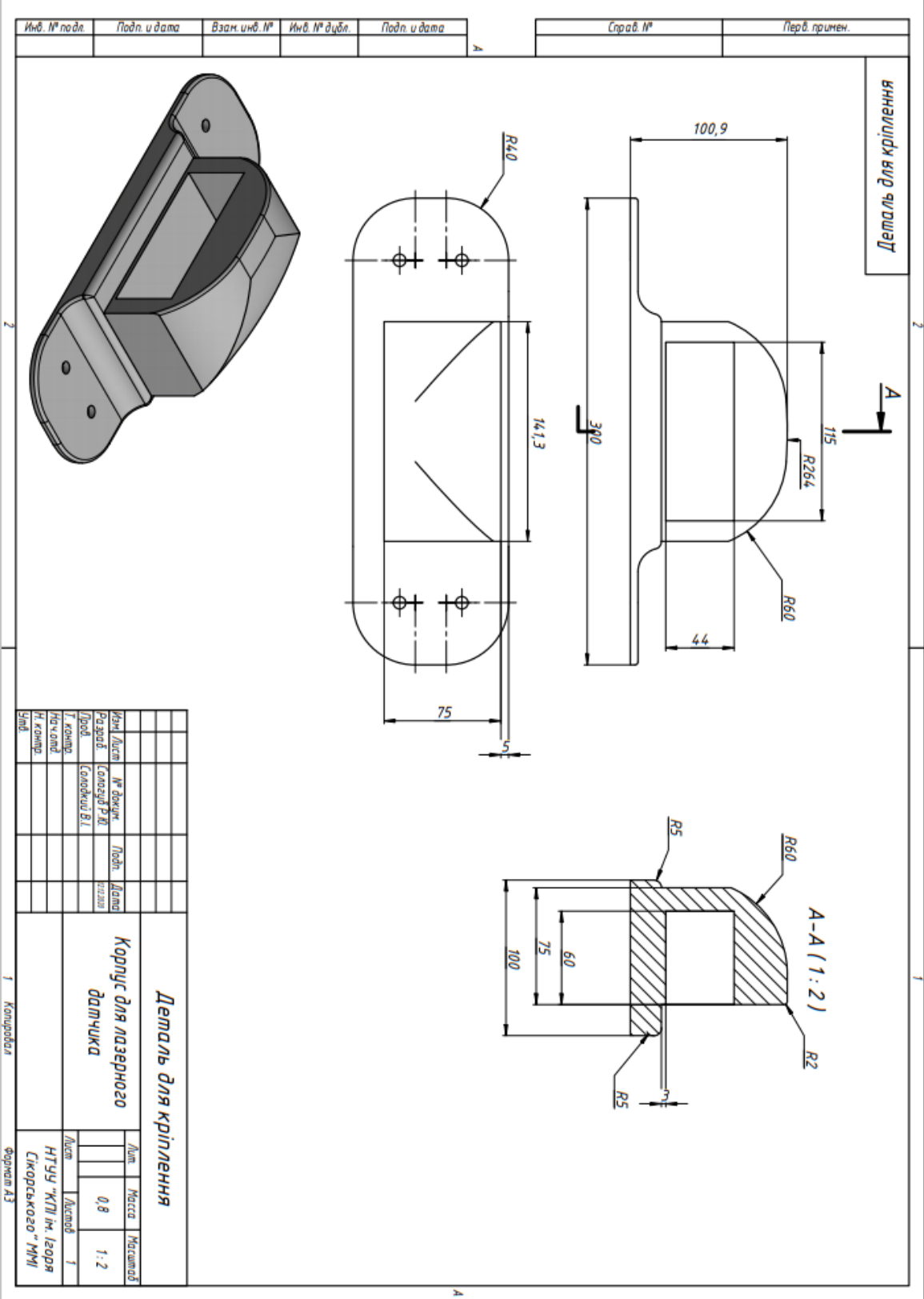






2

1 Компоновка



500x2

2020

1460

10

6

1

40

12

9

14

13

8

17

16

15

11

10

7

4

3

2

1

6

5

4

3

2

1

СК005

Інтегрована система оці X

Лист 1

Масштаб 1:1

1236.3

0,06:1

НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сікорського" НМІ

Формат А3


[illegible]

ДОДАТОК Б

Вимірювальний маніпулятор

Виконав: студент гр. МІ-92МП
Сологуб Роман Юрійович

Науковий керівник:
доц. канд. тех. наук
Солодкий Валерій Іванович



RUNUP

Мета та задачі дослідження

Мета : покращення ефективного розміщення маніпуляторів за рахунок модифікації конструкції, підвищення їх ефективності за рахунок встановлення датчиків

Задачі дослідження:

1. Аналіз існуючих рішень.
2. Побудувати модель рами та розрахувати її на міцність.
3. Провести аналіз існуючих датчиків виміру довжини та габаритів.
4. Провести проектування маніпулятора
5. Провести аналіз економічної доцільності у вигляді стартап-проекту

Промислові роботи провідних компаній (Kuka, Yaskawa, Fanuc)



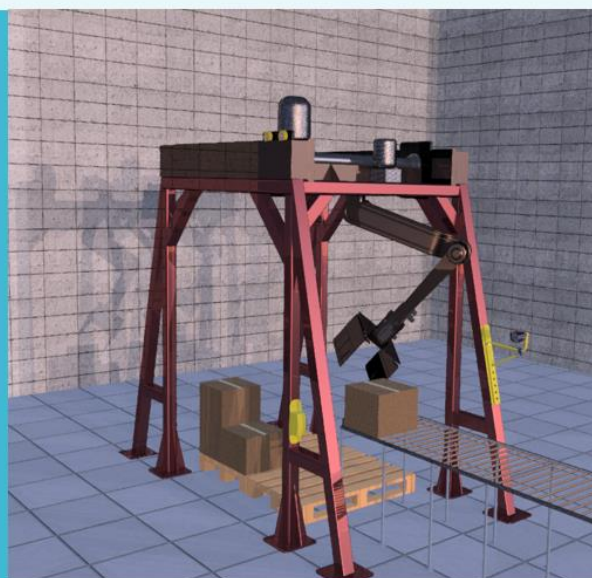
Переваги:

- Точність
- Широкий спектр використання
- Гарантія та довголітній досвід використання

Недоліки:

- Вартість
- Відсутність систем вимірювання
- Неефективне використання робочого приміщення

Вимірювальний маніпулятор



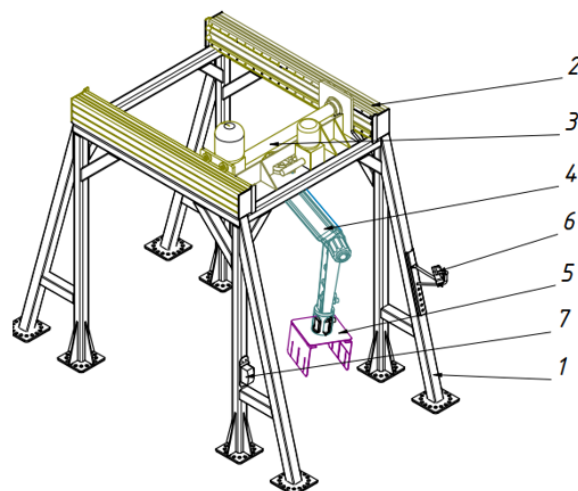
Переваги:

- Відносно невелика вартість
- Наявність вимірювальної системи
- Ефективне використання робочої площі
- Можливість завантаження двох палет одночасно

Недоліки:

- Відносно невелика точність

Принципова схема вимірювального маніпулятора



1 – рама; 2 – направляючі; 3 – система руху по осі X; 4 – ланки; 5 - захват; 6 – кріплення 3Д сканера; 7 – кріплення лазерного датчика

Використання рам

Переваги :

- Можливість установки приладів на необхідну висоту
- Забезпечення необхідних розмірів довжини на ширини
- Отримання додаткових площин для кріплення елементів
- Підвищення ефективного використання площі робочого приміщення в окремих випадках

Недоліки:

- Додаткові витрати на матеріали
- Необхідність фіксування



Розрахунок ефективності використання рами

Показник Yaskawa MOTOMAN GP215 :

$$S = S_m + 2 * S_p = \pi r^2 + 2 * 800 * 1200 \\ = 3.14 * 2912^2 + 1\,920\,000 = 29\,546\,396 \text{ мм}^2$$

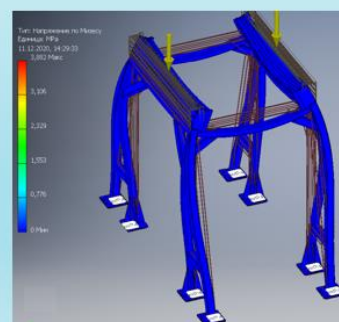
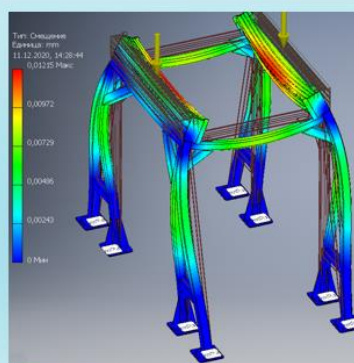
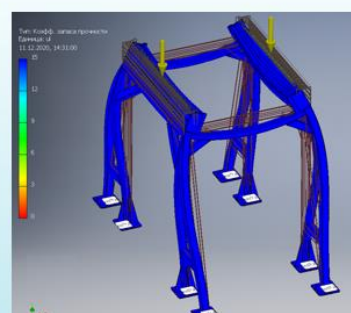
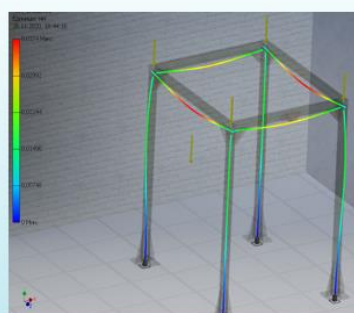
Показник нашого маніпулятора:

$$S = a * b = 2100 * 2500 = 5\,250\,000 \text{ мм}^2$$

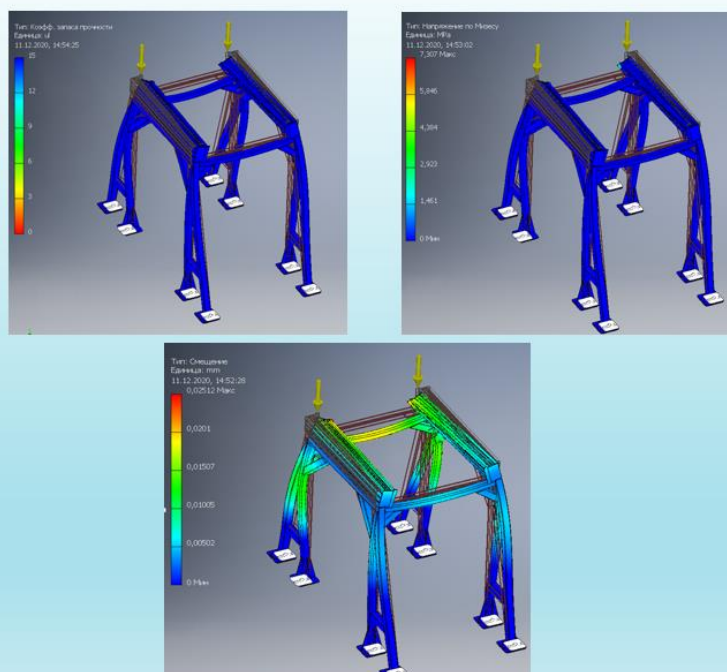
Ефективність :

$$\Delta S = \frac{29\,546\,396}{5\,250\,000} * 100\% = 400\%$$

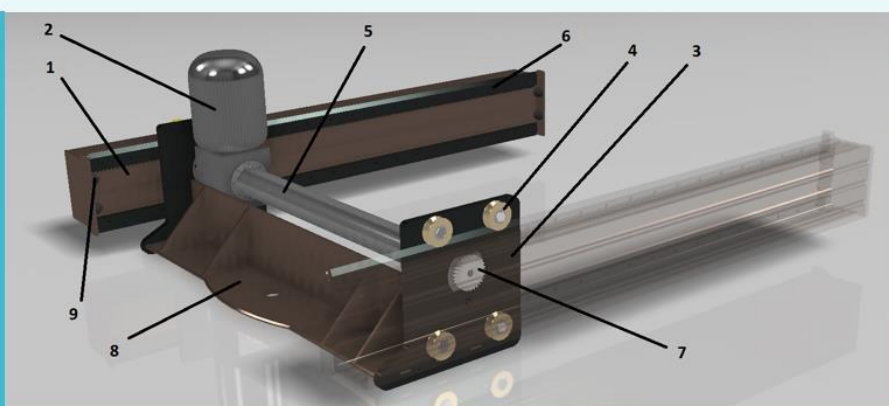
Аналіз напружень рами та направляючих по центру направляючих



Аналіз напружень направляючих на крайніх точках

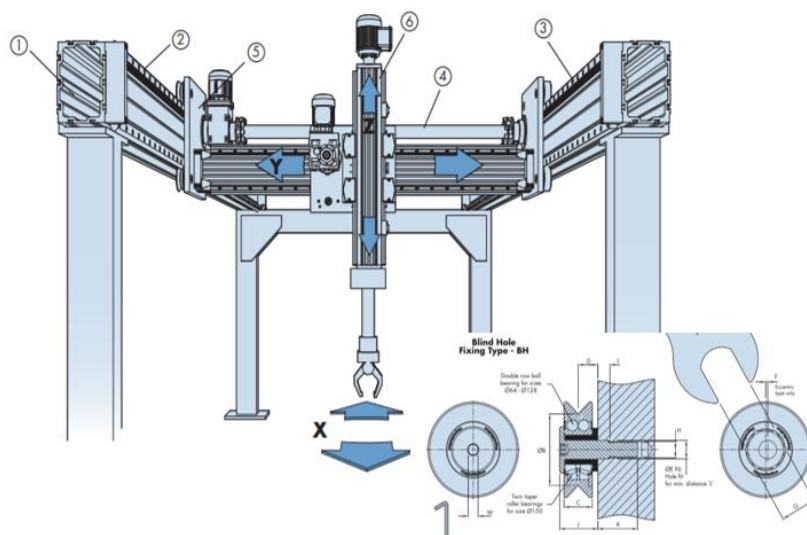


Конструкція направляючих та осі X

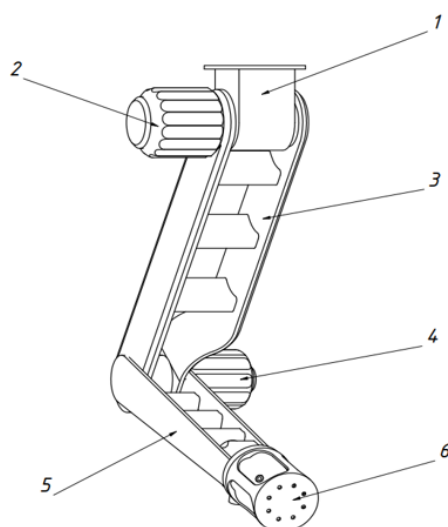


1 – профіль направляючої; 2 – мотор-редуктор; 3 – каретки; 4 – V-подібні ролики; 5 – привідний вал; 6 – V-подібна направляюча із зубчастою рейкою; 7 – шестерня; 8 – платформа для кріплення ланок; 9 – стопорні елементи

Елементи рами



Конструкція ланок маніпулятора



1 – поворотний механізм

2 – мотор головної ланки

3 – головна ланка

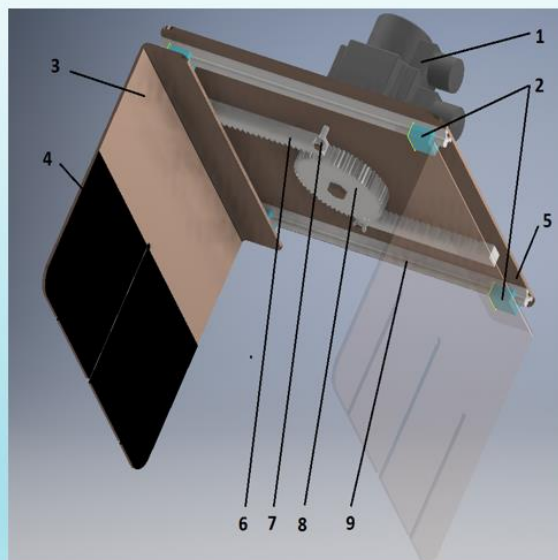
4 – мотор допоміжної ланки

5 – допоміжна ланка

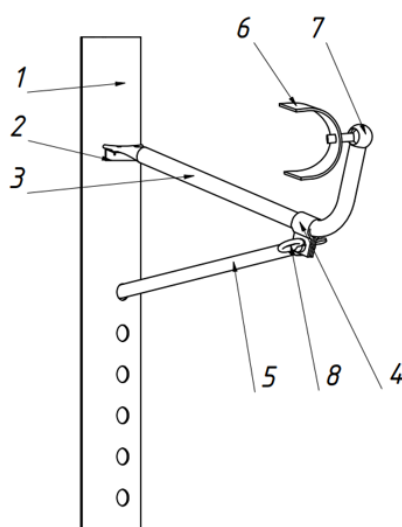
6 – поворот захвату

Конструкція захвату маніпулятора

- 1 – мотор
- 2 – каретки
- 3 – робочий орган
- 4 – резинове покриття
- 5 – базова пластина
- 6 – зубчаста рейка
- 7 – вал з підшипником позиціонування
- 8 – зубчасте колесо
- 9 – направляючі



Механізм кріплення зсканера



- 1 – кріпильна планка
- 2 – рояльна петля
- 3 – головна трубка
- 4 – каретка
- 5 – трубка для фіксації
- 6 – фіксатор сканера
- 7 – сферичний шарнір
- 8 – фіксація положення каретки (рим-гвинт, гайка барашка)

Розрахунок потужностей електродвигуна допоміжної ланки.

Загальні відомості:

$$P_1 = M_{кр1} * \omega_1, M_{кр1} = mgL_1$$

Де $m = 80$ кг (маса навантаження)

$L_1 = 700$ mm (довжина плеча),

$$\omega_1 = 20 \frac{об}{хв} = 2.1 \text{ рад/с (необхідна швидкість обертання вала)}$$

Розрахунок:

$$P_1 = mgL_1 * \omega_1 = 80 * 10 * 0.7 * 2.1 = 1.12 \text{ кВт}$$

$$M_{кр1} = 80 * 0.7 * 10 = 560 \text{ Нм}$$



SWOT – аналіз StartUp проекту

Сильні сторони: вартість, функціонал, середовища використання, сприятливе ринкове середовище, робоча площа

Слабкі сторони: точність, велика кількість конкурентів, потреба у складному software

Можливості: можливість виготовлення на території України, можливість стрімкого росту

Загрози: малий попит, відсутність інвестицій

Дякую за увагу !



RUNUP