

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

Механіко-машинобудівний інститут

Кафедра конструювання машин

«На правах рукопису»

До захисту допущено:

УДК _____

Завідувач кафедри

_____ Юрій ДАНИЛЬЧЕНКО

«__» _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

за освітньо-професійною програмою «Інструментальні системи

інженерного дизайну»

зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»

на тему: «Проектування, виготовлення й випробування планшетного

сканера високого ступеню захищеності»

Виконав:

студент VI курсу, групи МІ-01мп

Лохман Денис Ігорович _____

Науковий керівник:

Професор, д.т.н.,

Пасічник Віталій Анатолійович _____

Рецензент:

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

Студент _____

Київ – 2021

**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

« ____ » _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Лохману Денису Ігоровичу

1. Тема дисертації «Проектування, виготовлення й випробування планшетного сканера високого ступеню захищеності», науковий керівник дисертації Пасічник Віталій Анатолійович, д.т.н., професор, затверджені наказом по університету від «1» листопада 2021 р. №3611-с
2. Термін подання студентом дисертації _____
3. Об'єкт дослідження: процес проектування сканера високої ступені захищеності.
4. Вихідні дані: тривимірна модель сканера, що необхідно розмістити у корпусі, корпоративне технічне завдання, технологічні можливості заводу-виробнику.
5. Перелік завдань, які потрібно виконати: робоча конструкторська документація деталей виробу АЛНА.303659.008 Захищений Сканер, технологія виготовлення, перевірка конструкції на міцність, перевірка виробу на захищеність від електромагнітних випромінень, виготовлення зразку.

6. Перелік графічного матеріалу: презентація по роботі, складальний кресленик виробу, специфікація, виготовлений зразок виробу.

7. Орієнтовний перелік публікацій: _____

8. Консультанти розділів дисертації:

Розділ	Прізвище, ініціали, посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Етапи виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Питання розробки сканерів високої ступені захищеності	01.02.2021	
2	Проектування сканера захищеного типу	01.04.2021	
3	Технології виготовлення та випробування сканера	01.07.2021	
4	Розроблення startup-проекту та його маркетинговий аналіз	15.10.2021	
5	Оформлення роботи та підготовка презентації	1.12.2021	

Студент _____ Денис ЛОХМАН

Науковий керівник _____ Віталій ПАСТІЧНИК

Реферат

Магістерська дисертація на тему «Проектування, виготовлення й випробування планшетного сканера високого ступеню захищеності» складається із 93 сторінок пояснювальної записки, 26 таблиць, 37 використаних джерел, 61 рисунка, 19 слайдів презентації, 2 сторінок складального кресленика, 2 сторінок специфікації виробу та 1 акту про використання результатів магістерської дисертації на підприємстві.

Актуальність теми. У зв'язку із ростом актуальності проблеми захисту інформації від витоку по каналам електромагнітних випромінень та наводок, збільшується і попит на захищені обчислювальні комплекси та периферійні пристрої для них. Саме так сталося при розробці захищеного комплексу «Вектор». Потреба захищеного засобу вводу інформації методом сканування фізичного носія існує у багатьох структурах – державних структурах та підприємствах, військових структурах, приватних підприємствах, що працюють із державною та комерційною таємницею.

Мета дослідження: Реалізація конструкторського забезпечення, розробка технології виробництва, виготовлення та випробування виробу на важливі для нього параметри. Забезпечення обчислювального комплексу «Вектор» периферійним засобом вводу інформації, як альтернатива ручного вводу інформації з фізичного носія.

Задачі дослідження:

1. Проаналізувати проблему та її природу, визначити перелік необхідних заходів та технологій для вирішення проблеми. Вивчити існуючі матеріали та методи їх обробки, зважаючи на доступні можливості виробника. Дослідити процес випробування виробів такого класу.

2. Визначити концепцію, компоновку виробу. Створити конструкцію, провести розрахунки на міцність, враховуючи потенційно вразливі ситуації, що можуть виникнути при експлуатації виробу.

3. Розробити складальний кресленик всього виробу та надати конструкторську документацію виробнику для фізичної реалізації проекту. Описати технологію виготовлення та розробити керуючу програму для верстату із ЧПК.

4. Провести аналіз ринку, маркетинговий аналіз та порівняти виріб із конкурентами за декількома параметрами. Визначити причини, з яких можуть виникнути проблеми у реалізації продукції та передбачити шляхи їх уникнення.

Об'єкт дослідження: процес проектування сканера високої степені захищеності та його технологічне забезпечення.

Предмет дослідження: конструкція сканера із захистом від впливу вологи, пилу, механічного впливу, екранування від електромагнітних випромінень і технологія його виготовлення.

Методи дослідження: Результати досліджень були отримані завдяки застосування методів математичного моделювань процесів, що відбуваються при русі механізму, було застосовано моделювання методом кінцевих елементів для розрахунку міцності елементів виробу, а також інженерні CAD, CAM – системи.

Наукова новизна отриманих результатів:

Вперше для захищеного виробу було розроблено та застосовано унікальний ножичний механізм із рухомою віссю обертання. Розроблено конструкцію корпусу і кришки.

Практичне значення отриманих результатів: полягає у розробленні та реалізації першого проекту, що може стати основою для розробки захищених виробів із високими показниками екранування. Використання такого підходу дозволить уникнути використання більш дорогих та незручних методів захисту інформації від витоку по каналам побічних електромагнітних випромінень та наводок.

Особистий внесок здобувача полягає у: розробці та реалізації проекту на кожному етапі його розвитку, створенні ножичного механізму із рухомою віссю обертання, проведенні математичного моделювання навантажень та виконанні випробувань.

Апробація результатів роботи. Матеріали магістерської роботи були використані у приватному підприємстві під час виготовлення та впровадження виробу, а також при його випробуваннях на спеціальні властивості.

Ключові слова: інженерний дизайн, проектування, захищений сканер, екранування, ножичний механізм.

АННОТАЦІЯ

Лохман Д.І. Проектування, виготовлення й випробування планшетного сканера високого ступеню захищеності

Метою мого проекту була розробка, виготовлення та випробування планшетного сканера високої степені захищеності. Основними напрямками розробки було розробка герметичного корпусу, забезпечення його ергономічності шляхом установки спеціального механізму відкривання, розробка дизайну. Особливу увагу було приділено забезпеченню виконанню вимог до спеціальних властивостей виробу. На підставі даних, отриманих шляхом аналізу та досліджень, було розроблено планшетний сканер та перевірено степені захищеності виробу. При розробці виробу, було забезпечено захист від пилу, вологи, механічного впливу, а також побічних електромагнітних випромінень. Визначено конструкцію та компоновку виробу. Проаналізовані ергономічні вимоги до виробів, світові тренди у дизайні електроприладів. Спроектовано унікальний механізм відкривання кришки, проведено відповідні розрахунки. Розроблено комплекс ущільнень. Розроблено технологію виготовлення елементів виробу. Розроблена керуюча програма для обробки елементів виробу на верстаті із ЧПК. Проведені розрахунки на міцність корпусу при декількох потенційно-можливих ситуаціях. Виконані дослідження у безлуновій камері. Проведені стратегічні, економічні та маркетингові дослідження.

Ключові слова: інженерний дизайн, проектування, захищений сканер, екранування, ножичний механізм.

ANNOTATION

D. Lokhman The design, manufacture and testing of a high-security flatbed scanner.

The aim of my project was to develop, manufacture and test a high-security tablet scanner. The main directions of development were the development of a sealed housing, ensuring its ergonomics by installing a special opening mechanism, design development. Particular attention was paid to ensuring compliance with the requirements for special properties of the product. Based on the data obtained through analysis and research, a flatbed scanner was developed and the degree of protection of the product was tested. During the development of the product, protection against dust, moisture, mechanical impact, as well as spurious electromagnetic radiation was provided. The design and layout of the product are determined. Ergonomic requirements for products, world trends in the design of electrical appliances are analyzed. The unique mechanism of opening of a cover is designed, the corresponding calculations are carried out. A set of seals has been developed. The technology of manufacturing product elements has been developed. A control program for processing product elements on a CNC machine has been developed. Calculations for the strength of the body in several potential situations. Studies in the lunar chamber were performed. Strategic, economic and marketing research was conducted.

Key words: design engineering, design, protected scanner, shielding, scissor mechanism.

ЗМІСТ

ЗМІСТ	9
Вступ.....	12
1. Питання розробки сканерів високої степені захищеності	12
1.1. Особливі вимоги до сканерів високої степені захищеності	12
1.2. Аналіз аналогів та прототипів та їх присутності на ринку	15
1.2.1. Екранована камера	15
1.2.2. Сканери у екранованому виконанні.....	17
1.2.3. Готові корпуси.....	18
1.2.4. Порівняння пропозицій.....	20
1.3. Стандарти й нормативи, що визначають особливі вимоги до сканерів.....	21
1.3.1. Захист від механічного впливу	21
1.3.2. Захист від електромагнітного випромінення.....	22
1.4. Методи й шляхи досягнення високої степені захищеності	22
1.4.1. Алгоритм проектування.....	22
1.4.2. Принципи екранування	24
1.4.3. Огляд матеріалів для екранування	25
1.5. Методи випробувань техніки з особливими вимогами до захищеності	28
1.6. Висновки, мета завдання	30
2. Проектування сканера захищеного типу	32
2.1. Технічні вимоги до проектування	32
2.2. Опис принципової схеми сканера та визначення вузлів, які потребують проектування.....	34
2.3. Дизайн корпусу сканера та проектування його деталей і вузлів	35
2.3.1. Дизайн та конструктивні елементи	35
2.3.2. Матеріал	38
2.4. Проектування механізму відкривання-закривання кришки сканера	38
2.4.1 Аналіз плоского механізму.....	39
2.4.2 Проектування деталей та вузлів механізму.....	43

2.4.3	Перевірка працездатності конструкції та відсутності інтерференції	48
2.5.	Розрахунок вузлів та деталей сканера на силові навантаження 49	
2.5.1.	Перевірка конструкції при нерівномірному закриванні кришки 50	
2.5.2.	Перевірка конструкції на відрив кришки	50
2.5.3.	Перевірка корпусу зсув кришки у відкритому положенні ...	52
2.5.4.	Перевірка конструкції на стиснення	53
2.6.	Розрахунок вузлів та деталей сканера на захищеність від випромінювання	54
2.6.1.	Ущільнення контуру кришки.....	55
2.6.2.	Розрахунок необхідної товщини екрану	56
2.7.	Забезпечення умов захисту деталей сканера від пилу та вологи	58
2.8.	Висновки і рекомендації	59
3.	Технології виготовлення та випробування сканера	61
3.1.	Проектування технології виготовлення деталі корпус	62
3.2.	Проектування технології виготовлення деталі кришка	64
3.3.	Проектування технології виготовлення ланки механізму відкривання-закривання.....	67
	. Розробка керуючої програми для обробки деталей на верстаті із ЧПК.....	70
	Випробування на радіозахищеність	82
3.4.1	Стенд для випробувань.	82
3.4.2	Результати вимірювань пристрою без екранування	82
	Висновки і рекомендації.....	85
4.	Розроблення startup-проекту та його маркетинговий аналіз	91
4.1	Опис ідеї проекту.....	91
4.1.1	Аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї.....	93
4.2	Технологічний аудит ідеї проекту	95
4.3	Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	96
4.3.1	Потенційні клієнти.....	97

4.3.2 Аналіз ринкового середовища	98
4.3.3 Аналіз пропозиції	99
4.3.4 Аналіз умов конкуренції в галузі.....	101
4.3.5 Перелік факторів конкурентоспроможності	101
4.3.6 Аналіз сильних та слабких сторін	102
4.3.7 SWOT-аналіз стартап-проекту	102
4.3.8 Альтернативи ринкової поведінки.....	103
4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту	103
4.4.1. Визначення стратегії та охоплення ринку.....	103
4.4.2 Формування базової стратегії розвитку	104
4.4.3. Вибір стратегії конкурентної поведінки	104
4.4.4 Стратегія позиціонування.....	105
4.5 Висновки	105
5. Висновки проекту	106
6. Список використаної літератури	108
ДОДАТКИ	113
ДОДАТОК – А	114
ДОДАТОК – Б	115
ДОДАТОК – В	117
ДОДАТОК – Г.....	119

ВСТУП

Найціннішим ресурсом компанії чи держави є інформація. У 21 столітті існує досить багато загроз її цілісності та конфіденційності. Усі країни світу намагаються захистити свої інформаційні ресурси, розробляючи, чи закупаючи захищені обчислювальні комплекси. Досить часто захищеним комплекс стає, коли комп'ютерну систему встановлюють у екранованих приміщеннях або камерах, однак такий спосіб є застарілим, дорогим, незручним та навіть небезпечним. Для ефективного та зручного користування обчислювальним комплексом застосовують периферійні засоби такі, як: принтери, сканери, миші, клавіатури, трекболи. При з'єднанні периферійних засобів із комп'ютером, вони утворюють антену, сигнали якої можуть випромінювати інформацію не лише про те, яку клавіше натиснули на клавіатурі, чи відсканований документ сканера, а й сигнали процесора та відеокарти. Моїм завданням було забезпечення захищеного обчислювального комплексу «Вектор» захищеним сканером, сумісним із ним.

1. ПИТАННЯ РОЗРОБКИ СКАНЕРІВ ВИСОКОЇ СТЕПЕНІ ЗАХИЩЕНОСТІ

1.1. Особливі вимоги до сканерів високої степені захищеності

Захищена техніка є досить популярною у багатьох сферах – на виробництві, у медицині, морській логістиці та у оборонній структурі. Для одних задач її роблять вибухозахищеною чи захищеною від вологи і бруду, для інших – стійкою до морозу чи спеки. Є задачі менш популярні і вони стосуються конфіденційності. Зацікавленими сторонами можуть бути різні структури – бізнес, військові, держава. «Постійне збільшення кількості обчислювальної техніки неминуче веде до вразливості даних, що зберігаються на них. З одного боку, вони стають все більш безпечними за рахунок комплексного шифрування, проте зовсім не захищені від витоку по каналам електромагнітних випромінень. Є два ключових моменти – це втрата

конфіденційної інформації та втрата працездатності важливих систем. «Сьогодні чутливість до завад характерна для електронних пристроїв багатьох видів, особливо тих, для яких забезпечення нормального функціонування є життєво важливим з причин, пов'язаних з безпекою (Наприклад, системи управління польотами) або економікою (банківська справа і телекомунікаційні мережі)» [2]. «Проблема захисту обчислювальних комплексів від витоку інформації по каналах побічних випромінювань відома вже давно. В США широко застосовується відома аббревіатура TEMPEST (Telecommunications Electronics Material Protected from Emanating Spurious Transmissions)»[1]. Актуальність теми та її розвиток майже не змінився за останніх 20 років. «У нашій країні захищені комп'ютери не отримують широкого поширення не тільки через те, що діючі норми дещо застаріли, але і внаслідок нерозуміння важливості захисту комп'ютерів від витоку інформації по каналах побічного електромагнітного випромінювання. Зокрема, широко поширена думка, що основним джерелом випромінювання ПК є випромінювання монітора і що перехоплення цього випромінювання в технічному плані найбільш простий. Звідси впливають поради, що досить тільки застосувати хороший монітор, щоб захистити інформацію. Однак, в ПК присутній ряд інших, проте небезпечних випромінювань, наприклад випромінювання клавіатури, перехоплення якого може розкрити паролі, які не відображаються на екрані монітора. Класичним прикладом є вдалий перехоплення інформації, який описав колишній співробітник англійської розвідки MI-5 Peter Wright. В описаному їм випадку було перехоплено випромінювання не монітора, а саме клавіатури.» [1]. З моніторів можна вивести інформацію за допомогою спеціальних приладів на дистанції до 500-1500 метрів, з принтерів та сканерів - до 100-150 метрів (рис.1.1). Перехоплення ПЕМВН (Побічні електромагнітні випромінювання та наводки) має можливість виконуватися за підтримки мініатюрних конструкцій. Експеримент показав, що перехоплення можливе за допомогою злегка доопрацьованого звичайного телевізійного приймача.

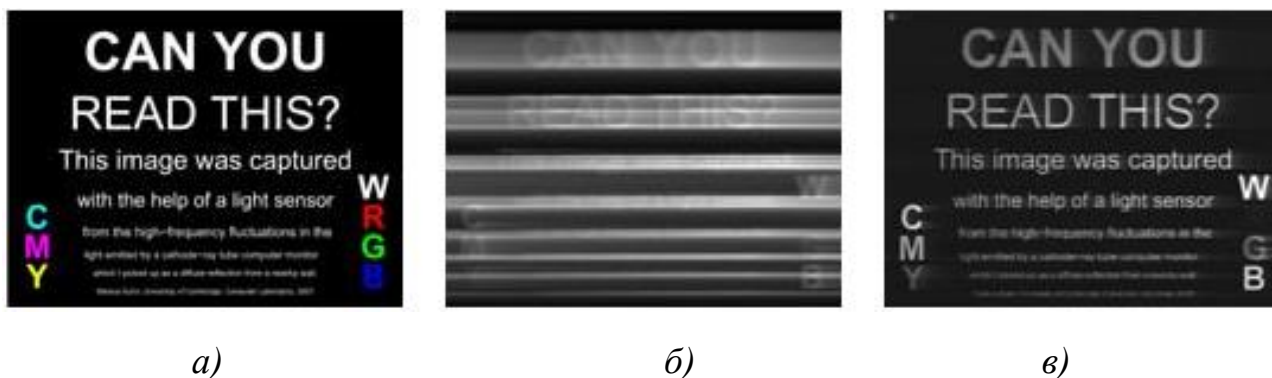


Рисунок 1.1 - а) Зображення на моніторі, б) перехоплене зображення, в) оброблене перехоплене зображення [4]

При створенні захищених обчислювальних комплексів, компанії розробники передбачають можливість під'єднання до них додаткових засобів вводу та виводу інформації. При під'єднанні незахищеного приладу до екранованого ПК, екран розривається та з'являється своєрідна антеною у вигляді незахищеного пристрою, через яку можуть випромінюватись сигнали як з самого ПК, та із інших пристроїв, під'єднаних до нього. Це свідчить про необхідність у розробці спеціальних засобів вводу та виводу інформації. Особливу небезпеку створюють сканери та принтери, що під'єднані до таких ПК, оскільки досить часто об'єктом їх сканування чи друку є конфіденційні папери. Що стосується принтерів, то їх розробки присутні на українському ринку. А от зі сканерами ситуація інша – пропозицій немає. Методом екранування принтерів їх захистити не вдасться, оскільки в його конструкції присутня скляна поверхня, котра повинна залишатись прозорою. Потреба у таких пристроях не викликає сумніву, оскільки він є незамінним. Особливістю його проектування є те, що створення екранованого пристрою не повинно зробити його незручним для використання, при цьому виконуючи умови високої степені захищеності. Для створення екранованого сканера необхідно забезпечити замкнутість його об'єму від електромагнітних випромінювань, а також захистити всі кабельні магістралі та роз'єми, що з'єднують його із захищеною ОС.

1.2. Аналіз аналогів та прототипів та їх присутності на ринку

«Існують тільки два ключових способи захисту від другорядних випромінювань, а також наведень: активний і пасивний.

Активний спосіб полягає у вживанні спеціальних широкосмугових передавачів завад. Такий спосіб має свої мінуси. Основним з них є те, що досить сильне джерело випромінювання не є корисним для здоров'я людини. Друга проблема полягає в тому, що присутність замаскованого випромінювання каже, власне, про те, що в цій будівлі є вагомі секрети. Крім того, цей спосіб зовсім не гарантує хороший захист інформації комп'ютера. Позбавлений цих вад пасивний спосіб. Оскільки він полягає у екрануванні джерела випромінювання, розташуванні джерела випромінювання в екранованій камері або ж в екрануванні приміщення» [4].

Більшість робочих зразків та прототипів технічних засобів захисту інформації базуються на принципі екранування. Екранування є одним з найефективніших методів захисту від електромагнітних випромінень. Фактично, екранування – це розташування випромінюючого обладнання в герметичній струмопровідній оболонці. При низькій потужності випромінень, використовуються і інші матеріали.

1.2.1. Екранована камера

Екранована камера – це комплексна технічна споруда, створена для ізоляції електромагнітного поля ззовні та зсередини (рис. 1.2).

Розповсюджені основних 3 виконання камер:

- Суцільнозварна
- Збірно-розбірна
- Приміщення спеціального призначення

Одним із видів екранованих камер є безлунова камера. Вона являє собою замкнений електромагнітний екран, що зсередини покритий

радіопоглинаючим матеріалом спеціальної форми [34]. Основна її задача – це створити якомога сильніше затухання побічних електромагнітних хвиль.



Рисунок 1.2 Бездунова камера [21]

Такі камери використовують для ізоляції від зовнішнього електромагнітного поля та інших завад при тестуванні приладів, дослідженні їх характеристик, а також для вимірювання та випробування техніки за параметрами їх електромагнітної сумісності.

Зазвичай екранування камер досягається виготовленням їх із листової сталі, при цьому найголовнішою задачею є уникання зазорів при з'єднанні панелей. Існують більш прості конструкції, у яких необхідний рівень екранування досягається шляхом покриття стін, стелі а підлоги приміщення сіткою із осередком не більше 2,5 міліметрів. У всіх камер є двері, а у деяких є і вікна. Вони виготовляються або із спеціального (металізованого або покритого струмопровідною плівкою) багатошарового скла, між шарами якого розташована сітка, або знову ж таки, із листової сталі. Зазвичай, для екранування дверного отвору використовуються пружинні струмопровідні ущільнювачі.

- Переваги екранованих камер:
- Можливість створення камер будь-якої форми та розмірів

- Відносна простота конструкції
- Недоліки екранованих камер:

- Складність використання
- Велика кількість обов'язкових комунікацій

На ринку присутні пропозиції від багатьох виробників, включаючи вітчизняних. Зазвичай, вони стосуються комплексного проектування, виробництва та монтажу камер в залежності від потреби та вимог замовника, однак є асортимент стандартних розмірів та конфігурацій виготовлених згідно ГОСТ 30373-95. Вартість середньої за розмірами камери приблизно \$15 тис.

1.2.2. Сканери у екранованому виконанні

В певних умовах використання, пристрої, що працюють із потенційно секретною інформацією, недоречно ховати у сторонні корпуси та приваблювати таким чином увагу. Тому створені пристрої, що зовні дуже схожі на серійні зразки. Вони являють собою серійний прилад, що зсередини екранується шляхом розміщення випромінюючої апаратури в струмопровідну тканину (рис. 1.3), а кожний його елемент, що є складовою електричної схеми загортається у мідну фольгу.

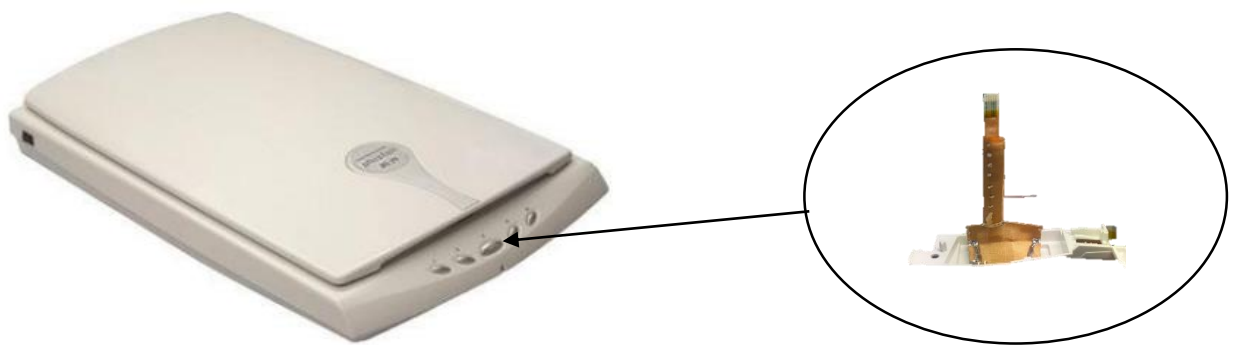


Рисунок 1.3 Сканер у захищеному виконанні [17]

Такий підхід до екранування не досконалий та має ряд своїх недоліків:

- Тривалість процесу екранування
- Якість складання
- Не стабільний рівень екранування

Противагою є лише одна перевага, що полягає у збереженні зовнішнього вигляду, наближеного до серійного пристрою.

На ринку вони присутні у декількох світових компаній та у двох комплектаціях – сканер та принтер із функцією сканера. Коштують такі зразки від \$2 до \$6 тис. в залежності від серійного зразка, взятого за основу. Вартість виробів вказана без урахування витрат на доставку та розмитнення.

1.2.3. Готові корпуси

Holland Shielding Systems BV пропонує універсальні рішення у вигляді штампованих корпусів із асортиментом розмірів та опційними послугами у вигляді вирізів, різьбових отворів, тримачів для плат та пристроїв (рис. 1.4).



Рисунок 1.4 Екранований універсальний корпус [9]

Такі корпуси є досить поширеними при розробці плат та для первинної їх перевірки, а також для екранування їх при роботі поруч із потужними джерелами випромінювання. Вони не відрізняються високою ефективністю екранування і, тим більше, герметичністю. Їх вартість складає від \$600 до \$2400 в залежності від обраного розміру.

Переваги:

- Гальванічне покриття
- Відносна дешевизна
- Універсальність

Недоліки:

- Низька ефективність екранування
- Низький рівень захисту від пилу та вологи
- Низька жорсткість та механічна стійкість корпусу
- Відсутність можливості установки роз'ємів потрібного типу
- Відсутність кінематичного зв'язку корпусу та кришки та неможливість механізувати процес відкривання та закривання.

Компанія Siltec виготовляє універсальні екрановані корпуси для принтерів та сканерів (рис. 1.5). Його суть полягає в розміщенні випромінюючого обладнання всередині корпусу, включаючи живлення та носії, з яких відбувається друк, чи записується електронна копія документу. Використання такого корпусу є досить простим. Проте, конструкція не передбачає контролю розімкнення екранованого об'єму. Довговічність ущільнення невисока і потребує ретельного контролю щоразу при закриванні кришки.



Рисунок 1.5 Екранований корпус Siltec [18]

Цей виріб має досить багато недоліків, що його роблять неконкурентним відносно приладів, що виконані у вигляді серійних.

Недоліки:

- Зовнішній вигляд не відповідає сучасним нормам та пригортає увагу
- Площина контакту кришки та корпусу потребує контролю щоразу при закриванні, оскільки вона є пласкою і схильна до забруднення
- Неможливість керування скануванням та збереженням з комп'ютера.

Переваги:

- Присутній механізм відкривання-закривання кришки із газовими упорами
- SDIP-27 Level A

Вартість – €4 тис. (в Польщі)

1.2.4. Порівняння пропозицій

Для об'єктивного аналізу присвоюємо певну кількість критеріїв оцінки щоб перевірити наскільки те, чи інше рішення задовольняє умовам ТЗ. Перевіримо раціональність створення нового виробу для забезпечення умов технічного завдання. Для об'єктивної оцінки пропозицій від іноземних

компаній, розробимо порівняльну таблицю із системою оцінювання характеристик виробів, ввівши градацію виконання вимог від 0 до 3, де 0 – зовсім не виконує вимог завдання, 3 – повністю задовольняє вимоги ТЗ.

Таблиця 1.1 Порівняння пропозицій

Аналог/ Характеристика		Екранована камера	Сканери у екранованому виконанні	Готові корпуси
Степінь захищеності	Пил	2	1	1
	Волога	1	0	1
	ЕМВ	3	2	1
Габаритні розміри		0	3	2
Маса		0	3	2
Естетичність		1	3	1
Вартість		0	1	3
Всього		7	14	11

За результатами порівнянь, зрозуміло, що орієнтиром при проектуванні стане сканер у екранованому сканері у аспектах естетики, маси та габаритів, екранована камера – у екрануванні електромагнітних хвиль, готові корпуси – у вартості.

1.3. Стандарти й нормативи, що визначають особливі вимоги до сканерів

У сканеру із високою степінню захищеності є 3 основних вимоги, що диктують обмеження при проектуванні:

- захищеність від пилу та вологи;
- електромагнітне екранування;
- захищеність від механічного впливу.

1.3.1. Захист від механічного впливу

Оскільки техніка має подвійне призначення і передбачається її використання як у військових, державних структурах, так і у приватних, слід опиратися на найжорсткіші вимоги. Вони описані у ГОСТ В 20.39.304-76 [1].

Цим стандартом визначаються групи, відповідно яким пристрої використовуються у певних умовах та середовищах. Зокрема цей стандарт описує вимоги щодо кліматичних умов експлуатації.

1.3.2. Захист від електромагнітного випромінення

Оскільки спеціальні властивості сканера передбачають більш жорсткі вимоги, то беремо їх за основу і забезпечуємо їх нормативну сумісність із іншими вимогами, що поставлені для цього виробу.

Нормування конструкції таких виробів відсутнє, однак є обмеження по ефективності екранування.

За своїм принципом, концепція сканеру передбачає розміщення покупного виробу всередині екранованої оболонки, тому можна сказати, що екранована камера є його прототипом і принципові вимоги, що задають обмеження при створенні камер, можна застосувати і для нашого виробу.

1.4. Методи й шляхи досягнення високої степені захищеності

1.4.1. Алгоритм проектування

При проектуванні екранованих виробів перш за все, необхідно визначити алгоритм, в якому будуть описані допустимі і заборонені маніпуляції. Проаналізувавши різні ресурси, було обрано алгоритм, що об'єднує в собі всі основні умови для виконання технічного завдання.

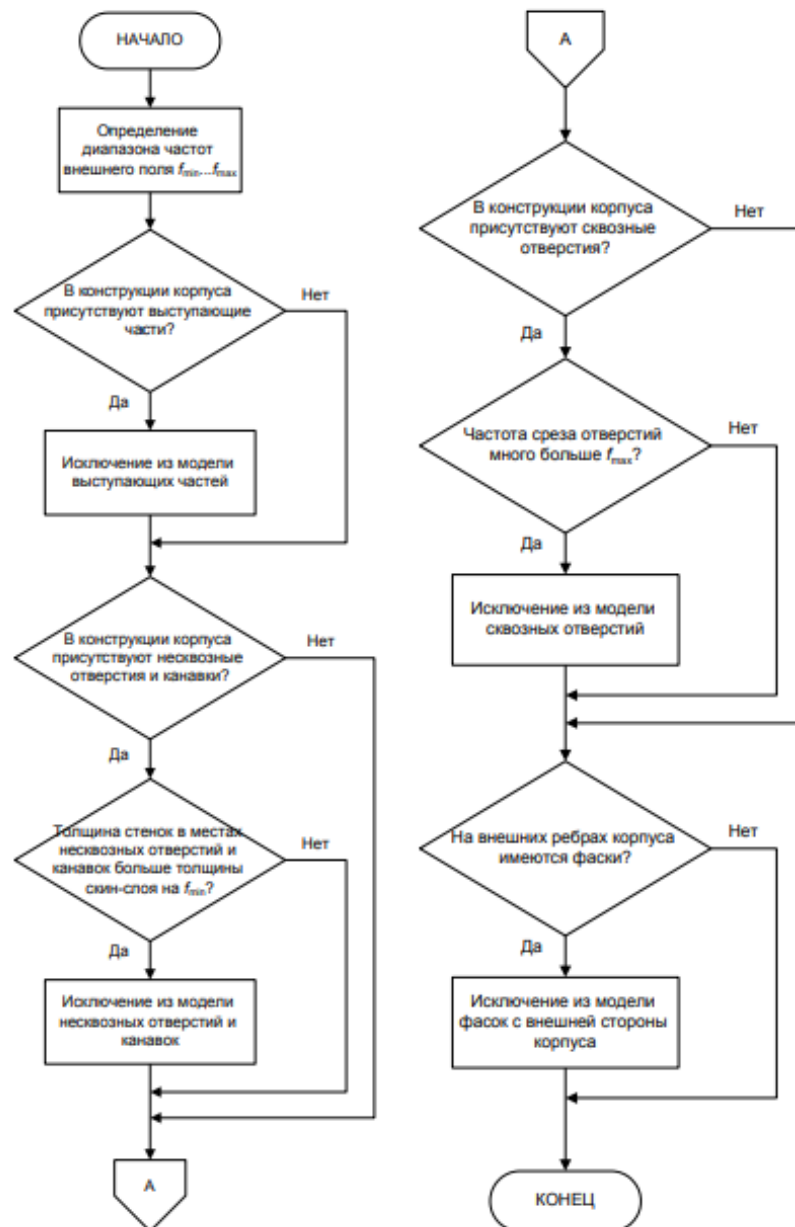


Рисунок 1.6 Алгоритм проектування екранованих виробів [2]

Використовуючи цей алгоритм, визначаємо конструктивну концепцію та обираємо шлях створення екранованого сканера:

- екранування серійного зразка;
- розміщення серійного виробу у екранованому корпусі;
- розробка корпусу із інтеграцією деталей сканера в нього.

1.4.2. Принципи екранування

При екрануванні магнітних полів розрізняють низькочастотні магнітні поля (до 10 кГц) і високочастотні магнітні поля.

Низькочастотні магнітні поля шунтуються екраном за рахунок спрямованості силових ліній уздовж стінок екрану. Цей ефект викликається більшою магнітною проникністю матеріалу екрану в порівнянні з повітрям.

Високочастотний магнітне поле викликає виникнення в екрані змінних індукційних вихрових струмів, які створюваним ними магнітним полем перешкоджають поширенню побічного магнітного поля. Заземлення не впливає на екранування магнітних полів. Ефективність екрану (здатність поглинати) залежить від частоти побічного випромінювання і від матеріалу, з якого виготовляється екран. Чим нижче частота випромінювання, тим більшою повинна бути товщина екрана. Для випромінювань в діапазоні середніх хвиль і вище досить ефективним є екран товщиною 0,5-1,5 мм. Для випромінень на частотах понад 10 МГц досить мати екран з міді або срібла товщиною 0,1 мм.

Електромагнітні випромінювання блокуються методами високочастотного електричного і магнітного екранування.

Екранування здійснюється на п'яти рівнях:

1. рівень елементів схем;
2. рівень блоків;
3. рівень пристроїв;
4. рівень кабельних ліній;
5. рівень приміщень.

Способи екранування залежать від особливостей полів, створюваних елементами КС при протіканні в них електричного струму. Характеристики полів залежать від параметрів електричних сигналів в пристроях. При проектуванні захищених від електромагнітних випромінювань корпусних виробів використовують принципи ізоляції об'ємів двох перших рівнів:

- рівень елементів схем;
- рівень блоків.

У випадку, коли створення виробу відбувається шляхом доробки існуючого, переважно застосовують екранування рівня елементів схем оскільки, оскільки цей метод є досить бюджетним і простим. Однак, рівень його захисту буде невисоким, а повторюваність виробів низькою.

Для комплексів, що спеціально створюються для виконання таких задач із обмеженнями по ПЕМВН, обидва рівня детально опрацьовуються. На рівні елементів схем екрануються модулі пам'яті, процесорів та шифратора, на рівні блоків – створюється інфраструктура фільтрування та ущільнення.

Важливо, що при з'єднанні елементів електричної схеми через дроти, чи шлейфи, вся система об'єднується і утворює антену. Отже, всі елементи цієї мережі потребують екранування, в тому числі і кабельні магістралі.

При створенні корпусів, перш за все визначають небезпечні елементи та потенційні канали виток електромагнітних випромінювань. Потім розробляють концепцію конструкції ущільнення роз'ємних деталей, приділяють увагу щільному приляганню деталей по всій поверхні контакту, враховуючи їх кривизну та можливі деформації.

1.4.3. Огляд матеріалів для екранування

При екрануванні корпусів обладнання або окремих їх вузлів найскладніше завдання - забезпечити замкнутість об'єму і герметичність всіх з'єднань. Досягти цього можна лише застосуванням спеціальних типів екрануючих матеріалів, конструкції з'єднань, чи лабіринтів ущільнення. Вибір числа рівнів і матеріалів екранування здійснюється з урахуванням:

- характеристик випромінювання (тип, частота і потужність);
- вимог до рівня випромінювання за межами контрольованої зони і розмірів зони;
- наявності або відсутності інших методів захисту від ПЕМВН;
- мінімізації витрат на екранування.

Для ущільнення плоских деталей, наприклад, для ущільнення отвору дверцят екранованої шафи, використовують ущільнювач D-подібної форми з металевою оболонкою і наповнювачем з піни (рис. 7). Це дає змогу компенсувати нерівності та вигини контактних поверхонь. В такому випадку оболонка при стисненні забезпечує надійний електричний контакт між струмопровідними частинами корпусу, а наповнювач підтримує правильну форму прокладки. Матеріал оболонки досить зносостійкий та виконує функцію захисту від пилу, однак, у такого ущільнювача є суттєвий недолік – з часом він втрачає здатність відновлювати свою вихідну форму та утискається, що робить його подальшу роботу менш ефективною та надійною.

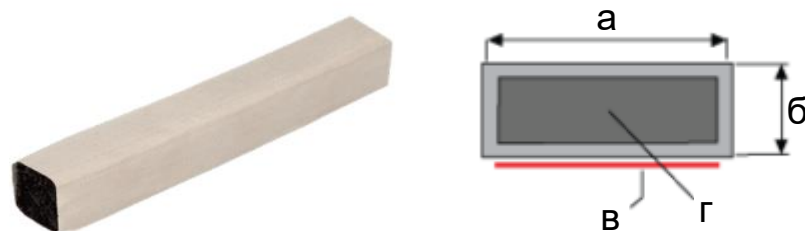


Рисунок 1.7 Екранувальний ущільнювач з наповнювачем з піни (а - ширина ущільнювача, б - висота, в - клейка струмопровідна стрічка, г - радіопоглинаючий пінний наповнювач) [22]

Також використовують ущільнювачі круглої, овальної та прямокутної форми із клейкою струмопровідною стрічкою на звороті. Вони мають всі ті ж переваги та недоліки, отже, такий тип ущільнювачів доречно використовувати в нероз'ємних вузлах.

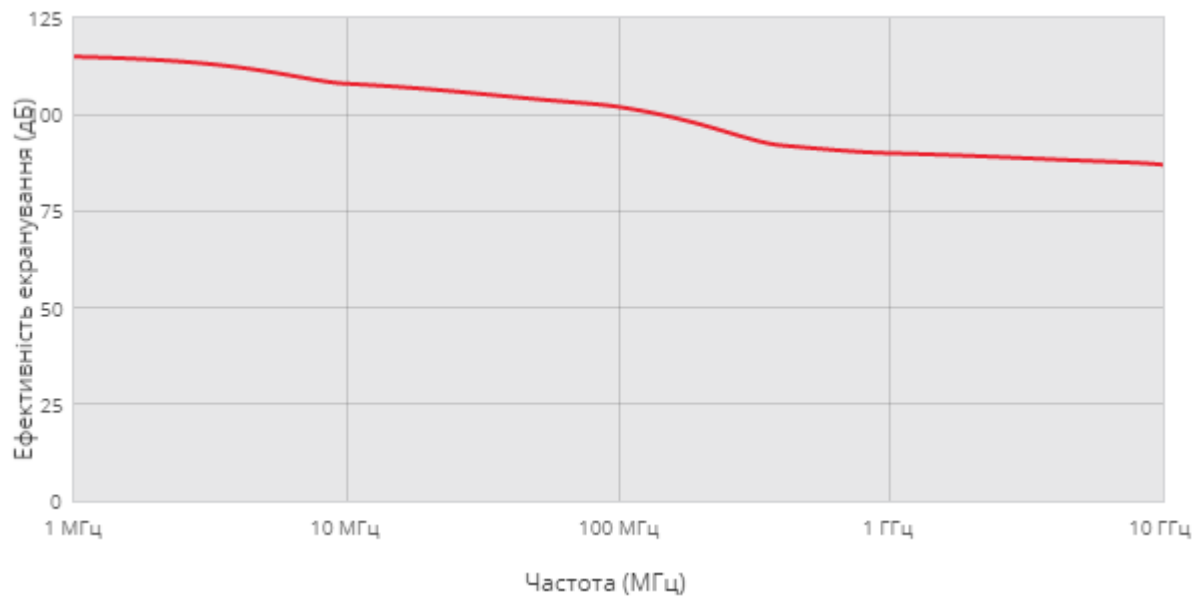


Рисунок 1.8 Графік залежності ефективності екранування уціільнювача від частоти хвилі [22]

Для екранування роз'ємних деталей використовують більш зносостійкі типи уціільнень – ламельні або пружинні. Вони виготовлені із пружинної сталі та вкриті мідним шаром з захисним покриттям.

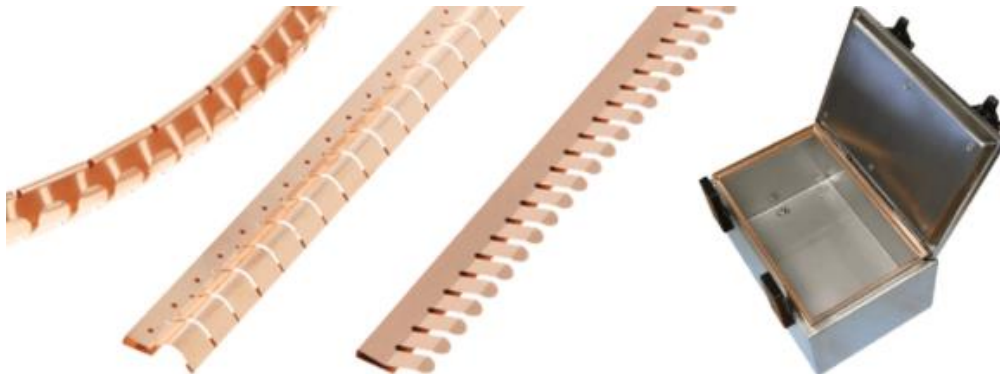


Рисунок 1.9 Ламелі для уціільнення роз'ємних деталей [5]

Такий тип уціільнення є дуже ефективним при боротьбі з електромагнітними випромінюваннями. Часто його використовують у конструкції екранованої камери. Проте, він зовсім не гарантує захист від пилу та вологи, тому його варто використовувати в парі із гумовим або силіконовим

ущільнювачем для виконання умов захисту від пилу та вологи. Їх зносостійкість переважає порівняно із аналогами, а для підвищення ефективності екранування та забезпечення більшої надійності конструкції ущільнення можливе його дублювання.

Таблиця 1.2 Порівняльна характеристика ущільнювачів

Параметр / тип ущільнювача	Пінні ущільнювачі	Пружинні ущільнювачі
Рівень екранування	101 дБ для хвилі 100 МГц	100 дБ для хвилі 100 МГц
Захист від вологи	Слабо захищає від вологи	Не захищає від вологи
Захист від пилу	Добре захищає від пилу	Слабо захищає від пилу
Строк служби	1000 циклів	50 000 циклів

1.5. Методи випробувань техніки з особливими вимогами до захищеності

Для кожного виробу, що класифікується як безпечний або захищений від витоків по каналах ПЕМВН, розробляється своя методика випробування. У випадку із сканером, що входить у склад захищеного обчислювального комплексу «Вектор», було встановлено такі типи випробувань:

- гарантійні випробування;
- перевірка працездатності виробу та відповідності заявленій ефективності екранування після 5000 циклів відкривання-закривання кришки;
- вібровипробування;
- температурні випробування;
- випробування на відповідність класу пилеводонепроникності;
- перевірка надійності систем відключення випромінюючих приладів при розриві екрану;
- перевірка заявленої ефективності екранування;
- перевірка сертифікатів на комплектуючі та обладнання, що впливають на спеціальні характеристики;

- перевірка сумісності комплектуючих на якість та сумісність із комплексом «Вектор».

Такі іспити зумовлені умовами роботи пристрою. Оскільки, в технічному завданні вказано, що конструкція повинна бути пристосована для двох середовищ експлуатації – в умовах офісу та на автомобільній платформі, то необхідно врахувати несприятливі умови, що можуть виникнути в обох випадках. Із правил облаштування приміщень, в яких можна стаціонарно встановлювати техніку такого призначення, обов'язково повинна бути присутня активна система пожежогасіння, що встановлю обмеження на водонепроникність. Зазвичай, такі приміщення облаштовані досить поганою вентиляцією і це встановлює обмеження на пиленепроникність виробу, оскільки це може знизити якість сканування документів. Крім особливостей використання в приміщенні, свої вимоги накладає використання техніки на мобільній платформі. Так, при використанні в командно-штабних машинах було виявлено необхідність захистити корпус сканера від механічного та кліматичного впливу.

Принциповість цих вимог та випробувань зумовлена тим, що виріб повинен зберігати свої характеристики протягом всього циклу служби, оскільки умови, що висунуті до нього є основоположними. Завдяки випробуванням виконується оцінка якості виготовлення, працездатності і відповідності зразка затвердженому технічному завданню, перевірка за ключовими параметрами в межах гарантійного напрацювання зразка в цілому. Також з'являється можливість визначити причини виявлених недоліків і розробити пропозиції щодо їх усунення. Крім очевидної користі, випробуванням продукту, виробник гарантує його якість та надійність, що може позитивно впливати на лояльність потенційних клієнтів до компанії.

1.6. Висновки, мета завдання

Метою проекту є пошук і реалізація ефективного технічного рішення захисту сканеру від низки зовнішніх впливів шляхом розробки спеціального корпусу, що запобігає витоку інформації по технічним каналам та захист сканера від фізичного впливу ззовні протягом гарантійного періоду.

Виходячи із аналізу ринку, проектування нового пристрою має сенс, оскільки вартість закордонних аналогів разом із доставкою його в Україну буде перевищувати вартість виробу, зробленого самостійно.

Раціонально робити металевий корпус із механізмом відкривання-закривання кришки та установкою в нього всього необхідного переліку компонентів.

Технічні вимоги для розробки, методика випробування та впровадження засобів КСЗІ (Комплексних систем захисту інформації) відсутні, засекречені або розробляються для кожного випадку окремо, однак є корпоративні вимоги, які так, чи інакше враховують практику попередніх виробів, з подібними обмеженнями або принципом роботи. Завдяки синтезу вимог до екранованих камер та вимог щодо захисту від механічного впливу та пило-волого-непроникності, необхідно згенерувати алгоритм для проектування та перевірки технічної частини проекту на працездатність та відповідність нормам і технічному завданню.

Основними напрямками проектування стануть:

- Створення корпусу із механізмом відкривання кришки;
- Забезпечення необхідного рівня екранування;
- Виконання вимог пилеводонепроникності;
- Забезпечення механічної жорсткості;
- Забезпечення безпечного використання у заданих кліматичних умовах;

Створення сканера із високою степінню захищеності від ПЕМВ повинно відбуватись базуючись на принципах проектування екранованих камер із використанням основних вимог для досягнення герметичності на необхідному

рівні. «При виробництві захищеної техніки необхідна стандартизація та уніфікація використовуваного обладнання, вузлів і компонентів, що забезпечує можливість серійного виробництва ПК із захистом інформації з низькою вартістю як покупки, так і експлуатації. Виробництво захищеної техніки повинно базуватись на пасивних методах захисту від витоку інформації технічними каналами. В основі таких методів лежить екранування, фільтрація, заземлення та інші апаратно-програмні, схемотехнічні рішення» [1].

Об'єктом дослідження дипломної роботи є – процес проєктування сканера високої степені захищеності.

Предметом дослідження дипломної роботи є – конструкція сканера із захистом від впливу вологи, пилу, механічного впливу та екранування від електромагнітних випромінень.

2. ПРОЄКТУВАННЯ СКАНЕРА ЗАХИЩЕНОГО ТИПУ

У попередніх пунктах були описані мета проекту, задачі та доступні методики. В даному розділі буде представлено концепцію виробу, що об'єднував би у собі якомога більше переваг конкурентів та залишався конкурентоспроможним. Після визначення компоновки буде спроектований корпус сканера з урахуванням умов його експлуатації та задач. Для забезпечення захисту буде розроблено спеціальний лабіринт ущільнень та механізм відкривання/закривання кришки. Будуть представлені інженерні розрахунки механізму та параметри його елементів, зокрема товщини екрану корпусу. Визначивши декілька нетипових ситуацій, перевіримо корпус сканера та його елементи і вузли на міцність, а також перевіримо стиснення ущільнювача при закритій кришці.

2.1. Технічні вимоги до проектування

Військові вимоги щодо умови експлуатації приладів військового призначення викладено у ГОСТ РВ 20.39.304-76 [15]. Сканер захищеного типу повинен відповідати нормам для групи 1.2, виконання помірно-холодного клімату:

- Робоча температура – від мінус 10 °C до +50 °C;
- Відносна вологість повітря – 98% при +35 °C
- Зовнішній механічний вплив:
 - Синусоїдальні вібрації в діапазоні частот від 5 до 300 Гц з прискоренням 5g;
 - Тривалі нахили на кут до 15 градусів, короткочасні (до 5 хв) нахили на кут до 30 градусів та коливання до 45 градусів з періодом від 7 до 16 с.
 - Ударні навантаження багатократної дії, з прискоренням 15g та тривалістю імпульса від 10 до 15 мс;
- Напрацювання на відмову:

- Ущільнення – не менше 2000 циклів відкривання/закривання кришки корпусу;
- Електронної частини – не менше 500 годин;
- Механічної частини – не менше 5000 циклів відкривання/закривання кришки корпусу.

Корпоративні вимоги для виготовлення захищеного сканеру:

- Для підключення приладу забезпечити екранований роз'єм, сумісний із Hirose LF10WBR-12P;
- Передбачити захист від фізичного впливу, щонайменше, на рівні IP65 за ГОСТ 14254-2015;
- Передбачити в конструкції виробу різьбові отвори для його фіксації при використанні на автомобільній платформі;
- Матеріали і покриття елементів, що контактують слід обирати так, щоб гальваноконтактне напруження, що виникає між ними, не викликало корозійного напруження;
- Матеріал і конструкція екрану повинні забезпечувати необхідну величину екранування в заданому діапазоні частот, механічну міцність конструкції, технологічність виготовлення та стійкість до корозії;
- Мати мінімальні габаритні розміри та вагу;
- За неможливості забезпечення необхідної ефективності екранування одним типом фільтра чи ущільнювача, допускається з'єднання їх необхідної кількості одного або декількох типів;
- Відкривання кришки сканера повинно інформувати про це користувача та супроводжуватись відключенням випромінюючого обладнання.

2.2. Опис принципової схеми сканера та визначення вузлів, які потребують проєктування

2.2.1. Концепція сканері із підвищеним рівнем захищеності

Концепція сканера полягає у розміщенні серійного пристрою Canon CanoScan LIDE400 або подібних йому в межах габариту екранованого корпусу. Для цього розробимо корпус із кришкою, що передбачають установку в них однотипних за розмірами пристроїв. Всі компоненти монтуватимуться у самому корпусі. Основною вимогою до корпусу є його зручність у використанні та практичність. Для зручності користування, розробимо механізм відкривання-закривання. Кришка корпусу виконуватиме функцію полотна, яке присутнє у серійних сканерах. Оскільки передбачається використання техніки як в умовах офісу, так і на автомобільній платформі, то є необхідність у замках для запобігання вільного відкривання кришки (рис. 2.1).

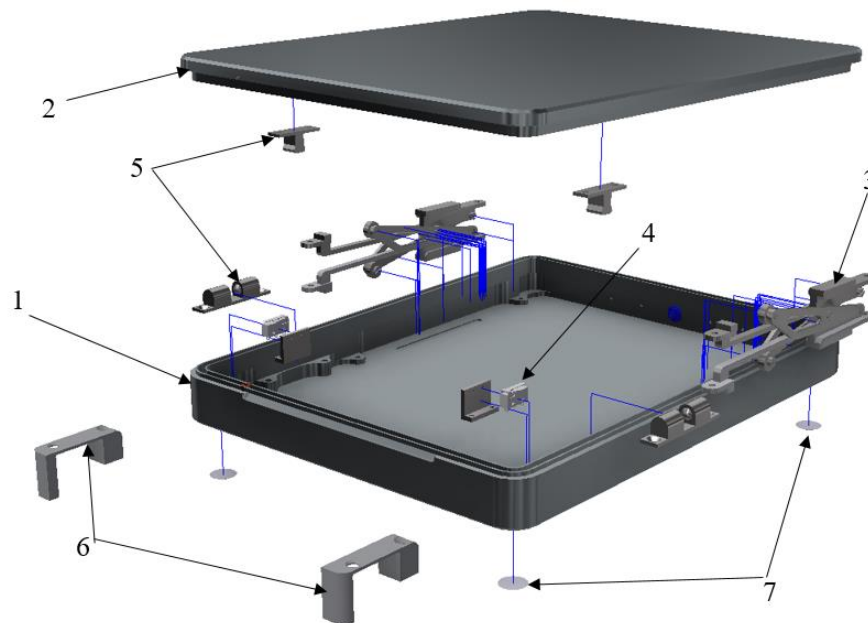


Рисунок 2.1 Компоновка корпусу сканера –

1 - корпус, 2 - кришка, 3 - механізм відкривання, 4 - мікро-вимикач, 5 - замок,
6 - декоративний елемент, 7 – силіконові ніжки

Виходячи із умови про відключення випромінюючої апаратури при відкриванні кришки, передбачимо установку двох мікро-вимикачів DB1 по краях корпусу. Парна їх установка забезпечить надійну сигналізацію навіть при скручуванні кришки. Передбачимо пластикові панелі із отворами. Вони дозволить запобігти навмисного чи випадкового натиснення, та зроблять внутрішній простір корпусу більш охайним.

2.3. Дизайн корпусу сканера та проектування його деталей і вузлів

При розробці корпусу сканера було проаналізовано світові тренди у дизайні офісної техніки і визначені такі напрямки:

- Мінімалізм;
- Монохромність або поєднання кількох кольорів;
- Інтуїтивність;
- Простота у догляді;
- Раціональність.

2.3.1. Дизайн та конструктивні елементи

Поєднавши ці фактори із можливими умовами експлуатації, було взято за основу просту, проте функціональну форму (рис. 2.2), беручи за основу елементи дизайну від Apple. Всі кути корпусу заокруглені, а фаски на корпусі та кришці роблять її візуально тоншою. Для тестових виробів була розроблена конструкція, що передбачає виготовлення корпусу завдяки фрезерній механічній обробці. В подальшому конструкція буде адаптована під лиття під тиском.

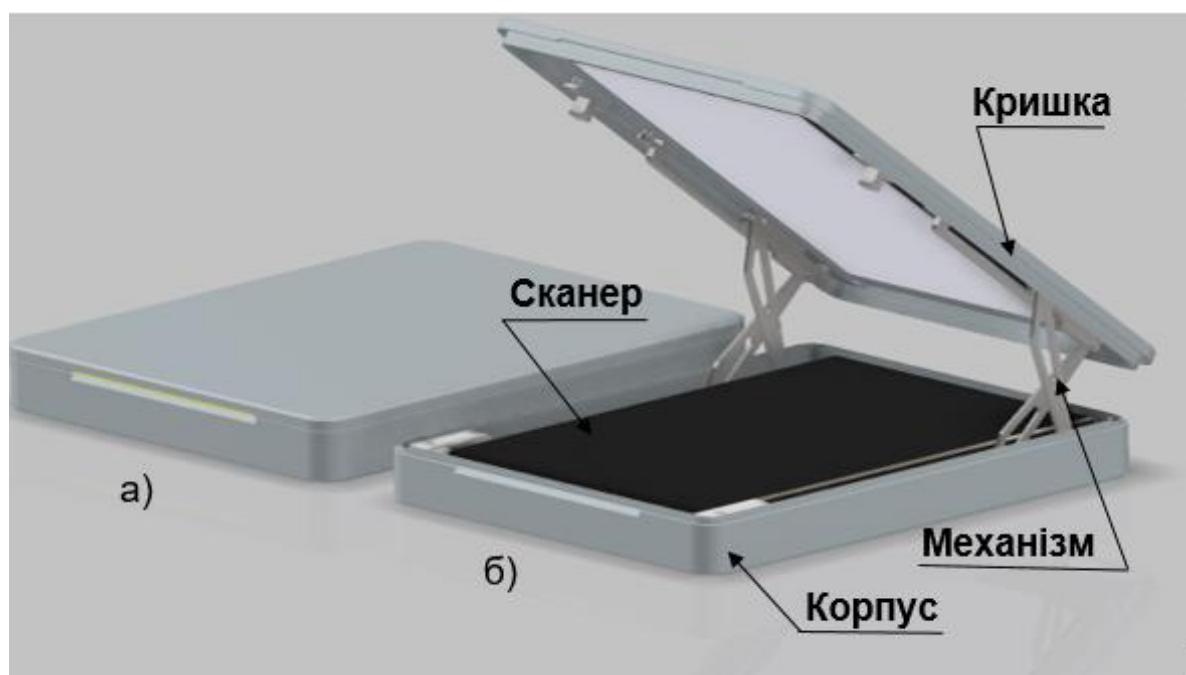


Рисунок 2.2 Компонівка сканера –

а - сканер у закритому стані, б - відкритий корпус сканера

Розміри корпусу обрано мінімальними, проте було проаналізовано ряд планшетних сканерів, схожих за розмірами та передбачена установка найбільшого із них. В корпусі передбачені різьбові отвори для установки механізмів. Вони розташовані якомога ближче до стінок корпусу із міркувань економії місця (рис. 2.3). Також тут розташовані направляючі пази для роликів механізму. Такі ж пази присутні і на кришці.



Рисунок 2.10 Місце установки механізму

В корпусі передбачений ергономічний елемент, що забезпечує зручність відкривання кришки. Він виконаний у сучасному стилі та не потребує установки додаткових ручок. Також на нижній панелі корпусу розташовані силіконові ніжки, що перешкоджатимуть ковзанню, а при монтажі на автомобільну платформу, замість ніжок у різьбові отвори можна буде встановити демпфери та зафіксувати сканер на підготовленій для нього площині.

Для забезпечення живлення та обміну даними, встановимо екранований та захищений від пилу і вологи роз'єм Hirose Electric LF10WBR-12P. Для цього, згідно з рекомендаціями виробника, був підготовлений отвір із лисками та виступом для ущільнення (рис. 2.4). Крім того, на задній панелі корпусу, розташовані 2 місця для установки інформаційних табличок із вказанням на них назви виробу, модифікації та індивідуальним номером виробу. Такі вимоги пояснюються індивідуальною перевіркою спеціальних властивостей виробів відповідно до вимог військової прийомки.

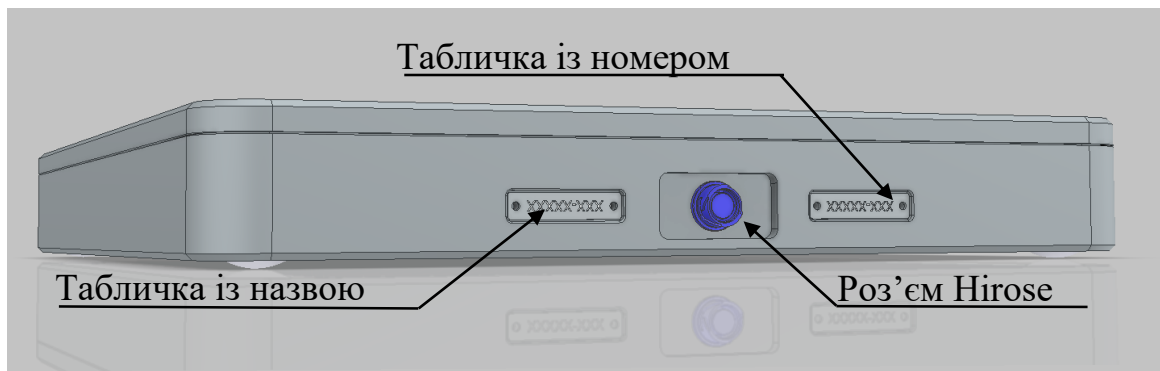


Рисунок 2.4 Вигляд ззаду

2.3.2. Матеріал

Враховуючи особливості фрезерної обробки деталей із великим вивантаженням матеріалу, було обрано алюмінієвий сплав ISO 209:2007: 6082. При виборі матеріалу були враховані технологічні особливості виготовлення обох деталей та вирішено проблему деформації деталі при фрезеруванні. Цей сплав є досить стабільним, добре обробляється, має досить високу міцність, має хорошу корозійну стійкість, підлягає термообробці. Його склад наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 Хімічний склад сплаву ISO 209:2007: 6082

Хімічний склад, %								
Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Інші
0,7-1,3	0,5	0,1	0,4-1,0	0,6-1,2	0,25	0,20	0,10	0,15

2.4. Проєктування механізму відкривання-закривання кришки сканера

При розробці ущільнення була обрана конструкція лабіринту, що потребує розробки спеціального механізму із рухомою віссю обертання. Це зумовлено глибиною пазу для контактного контуру кришки. Якщо застосувати звичайні завіси, то в кінематиці руху кришки виникне інтерференція, що перешкоджатиме нормальній роботі.

Для цього було взято за основу принцип роботи ножичного підйомника та дорацьовано його під необхідні параметри та габарити. Розрахунок кінематики механізму виконані за методичними вказівками [16].

2.4.1 Аналіз плоского механізму

Створення механізму базувалось на розробленій кінематичній схемі (рис. 2.5). Його основною метою є перевірка на те, чи закриється кришка сканера та чи буде вона паралельною до площини прилягання корпусу при такій конструкції механізму.

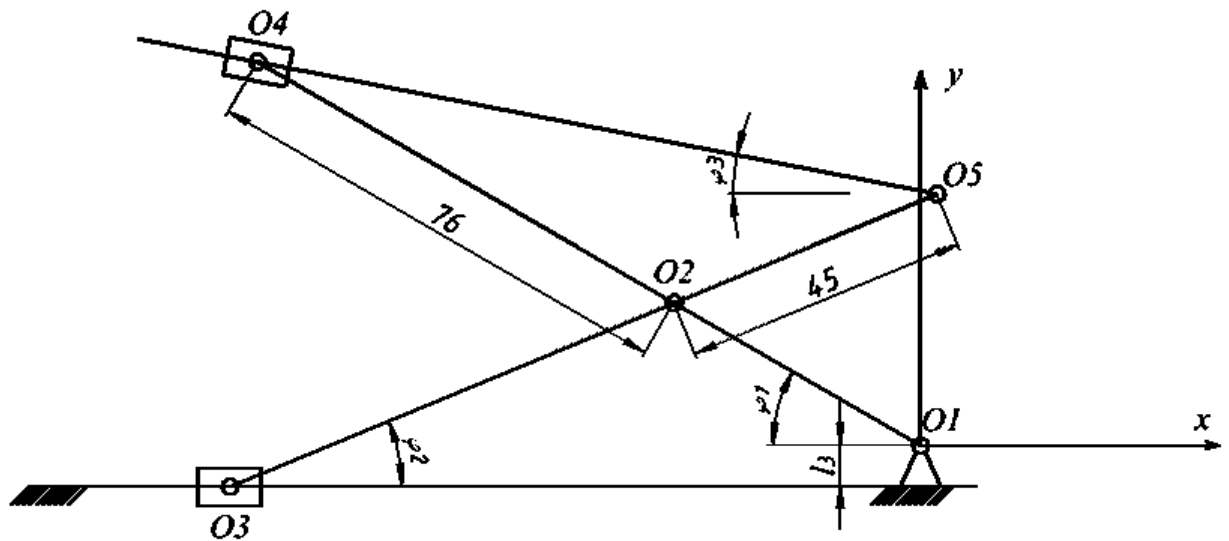


Рисунок 2.5 Кінематична схема механізму

Для визначення положення ланки O_4O_5 , визначимо координати кожної точки:

$$O_1O_2 = O_2O_5 = l_1 = 45 \text{ мм}$$

$$O_2O_3 = O_2O_4 = l_2 = 76 \text{ мм}$$

$$l_3 = 6.5 \text{ мм}$$

Знайдемо координати усіх точок механізму

$$x_{O_1} = 0, y_{O_1} = 0$$

$$x_{O_2} = x_{O_1} - l_1 \cos(\varphi_1), y_{O_2} = y_{O_1} + l_1 \cos(\varphi_1)$$

$$x_{O_3} = x_{O_2} - l_2 \cos(\varphi_2), y_{O_3} = y_{O_1} + l_3$$

$$xO_4 = xO_2 - (l_1 + l_2)\sin(\varphi_1), \quad yO_2 = yO_1 + (l_1 + l_2)\cos(\varphi_1)$$

Після цього виразимо кут φ_3 , та визначимо при якому значенні φ_1 , він дорівнюватиме 0. Це положення свідчатиме про те, що кришка буде паралельною корпусу (рис. 2.6).

$\varphi_1 := 30 \text{ deg}$	$L1 := 45$	$L2 := 76$	$L3 := 6.5$	$\varphi_1 := 2 \text{ deg}$	$L1 := 45$	$L2 := 76$	$L3 := 6.5$
$xO1 := 0$	$yO1 := 0$			$xO1 := 0$	$yO1 := 0$		
$xO2 := xO1 - L1 \cdot \cos(\varphi_1)$	$yO2 := yO1 + L1 \cdot \sin(\varphi_1)$			$xO2 := xO1 - L1 \cdot \cos(\varphi_1)$	$yO2 := yO1 + L1 \cdot \sin(\varphi_1)$		
$xO2 = -38.971$	$yO2 = 22.5$			$xO2 = -44.973$	$yO2 = 1.57$		
$\varphi_2 := \arcsin\left(\frac{L3 + yO2}{L2}\right)$	$\varphi_2 = 22.432 \text{ deg}$			$\varphi_2 := \arcsin\left(\frac{L3 + yO2}{L2}\right)$	$\varphi_2 = 6.096 \text{ deg}$		
$xO3 := xO2 - L2 \cdot \cos(\varphi_2)$	$yO3 := yO1 - L3$			$xO3 := xO2 - L2 \cdot \cos(\varphi_2)$	$yO3 := yO1 - L3$		
$xO3 = -109.221$	$yO3 = -6.5$			$xO3 = -120.543$	$yO3 = -6.5$		
$xO5 := xO2 + L1 \cdot \cos(\varphi_2)$	$yO5 := yO2 + L1 \cdot \sin(\varphi_2)$			$xO5 := xO2 + L1 \cdot \cos(\varphi_2)$	$yO5 := yO2 + L1 \cdot \sin(\varphi_2)$		
$xO5 = 2.624$	$yO5 = 39.671$			$xO5 = -0.227$	$yO5 = 6.349$		
$xO4 := xO1 - (L1 + L2) \cdot \sin(\varphi_1)$	$yO4 := yO1 + (L1 + L2) \cdot \cos(\varphi_1)$			$xO4 := xO1 - (L1 + L2) \cdot \sin(\varphi_1)$	$yO4 := yO1 + (L1 + L2) \cdot \cos(\varphi_1)$		
$xO4 = -60.5$	$yO4 = 104.789$			$xO4 = -4.223$	$yO4 = 120.926$		
$L4 := \sqrt{(xO5 - xO4)^2 + (yO5 - yO4)^2}$				$L4 := \sqrt{(xO5 - xO4)^2 + (yO5 - yO4)^2}$			
$L4 = 90.692$				$L4 = 114.647$			
$\varphi_4 := \arccos\left[\frac{(L4^2 + L1^2 - L2^2)}{2L4 \cdot L1}\right]$				$\varphi_4 := \arccos\left[\frac{(L4^2 + L1^2 - L2^2)}{2L4 \cdot L1}\right] \text{ deg}$			
$\varphi_4 = 56.761 \text{ deg}$				$\varphi_4 = 0.427 \text{ deg}$			
$\varphi_3 := \varphi_4 - \varphi_2$				$\varphi_3 := -\varphi_4 + \varphi_2$			
$\varphi_3 = 34.33 \text{ deg}$				$\varphi_3 = 0$			

a)

b)

Рисунок 2.6 Визначення положення ланки O_4O_5 в залежності від кута нахилу вихідної ланки – а – при куті

Структура механізму має велике значення при синтезі, оскільки допомагає найбільш раціонально його сконструювати для забезпечення необхідної траєкторії руху, однак метою наступного завдання є розрахунок ходу повзуна щоб забезпечити необхідну довжину направляючої.

Аналітично визначимо крайні положення повзуна механізму. Для цього скористаємось програмним забезпеченням MathCAD 15.

Визначимо закон руху та початкового положення механізму:

$$\varphi(e) = (\varphi_1 + \omega_0) \quad (2.1)$$

$$\omega(t) = \frac{d}{dt}(\varphi(t)) \quad (2.2)$$

Створення рівняння зв'язків ланок механізму у векторній формі:

$$x_{O_2} = l_1 \cos(\varphi_1) \quad (2.3)$$

$$y_{O_2} = y_{O_1} + l_1 \sin(\varphi_1) \quad (2.4)$$

Визначення координат кінематичних пар КШМ, та встановимо залежність від часу та кута повороту вихідної ланки:

$$x_{O_3} = l_1 \cos(\varphi(t)) + \sqrt{l_1^2 - l_1^2 \sin^2(\varphi(t))} \quad (2.5)$$

Визначивши у попередньому пункті початковий кут початкової ланки $O_1 O_2$, вводимо його як той, що дано (рис. 2.7).

$$l1 := 0.045 \quad l2 := 0.076 \quad \varphi1 := \frac{4.5\pi}{180} \quad \omega0 := 0.1 \quad t := 0..15$$

$$\varphi(t) := (\varphi1 + \omega0 \cdot t)$$

$$\omega(t) := \frac{d}{dt}(\varphi(t))$$

$$XO2(t) := l1 \cdot \cos(\varphi(t))$$

$$YO2(t) := l1 \cdot \sin(\varphi(t))$$

$$XO3(t) := l1 \cdot \cos(\varphi(t)) + \sqrt{l2^2 - (l1 \cdot \sin(\varphi(t)))^2}$$

$\varphi(t) =$		$XO3(t) =$	$t =$	$XO2(t) =$
4.5	deg	0.121	0	0.045
10.23		0.12	1	0.044
15.959		0.118	2	0.043
21.689		0.116	3	0.042
27.418		0.113	4	0.04
33.148		0.11	5	0.038
38.877		0.106	6	0.035
44.607		0.101	7	0.032
50.337		0.096	8	0.029
56.066		0.091	9	0.025
61.796		0.086	10	0.021
67.525		0.081	11	0.017
73.255		0.076	12	0.013
78.985		0.07	13	$8.598 \cdot 10^{-3}$
84.714		0.066	14	$4.146 \cdot 10^{-3}$
90.444		0.061	15	$-3.485 \cdot 10^{-4}$

Рисунок 2.7 Розрахунок положень повзуна у середовищі MathCAD

Користуючись масивом отриманих даних, можемо визначити хід повзуна - 110 мм. На основі тих же даних згенеруємо графік залежності зміни положення повзуна від кута φ повороту ланки O_1O_2 .

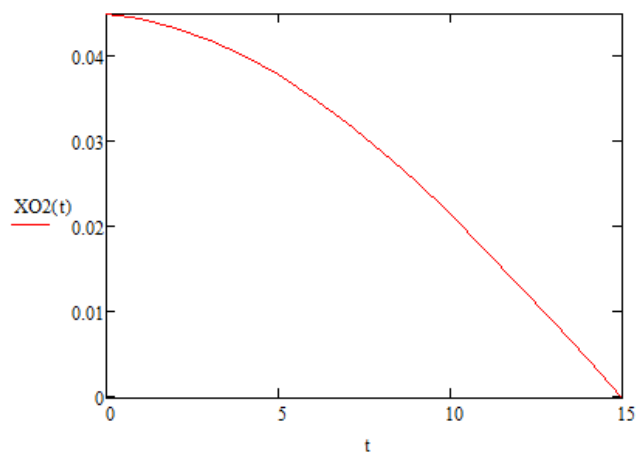


Рисунок 2.8 Залежність положення точки O_2 від куту повороту вихідної ланки

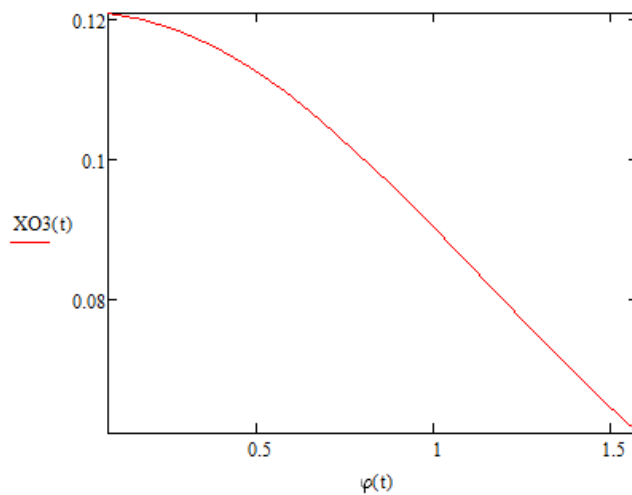


Рисунок 2.9 Залежність положення точки O_3 від куту повороту вихідної ланки

2.4.2 Проектування деталей та вузлів механізму

Проектування механізму відбувалось виходячи із розрахунків кінематичної схеми, а також із умов, міцності. Для цього було обрано конструкцію, яка базується на двох направляючих, котрі забезпечують поступальний рух повзунів та обмежують їх хід та плоских ланок (рис. 2.9). В якості повзунів були застосовані кулькові підшипники із захистом від пилу, це забезпечить простіший рух без заклинювань та необхідності у змащуванні та обслуговуванні. Ланки виконані із пружинної сталі (65Г, хімічний склад наведений у табл. 2.2) для забезпечення міцності та виконують роль шатуна для переміщення повзунів.

Таблиця 2.2 Хімічний склад Сталі 65Г

Хімічний склад, %							
C	Si	Cu	Mn	P	Cr	S	Ni
0,7	0,4	0,2	1,2	0,035	0,25	0,035	0,25

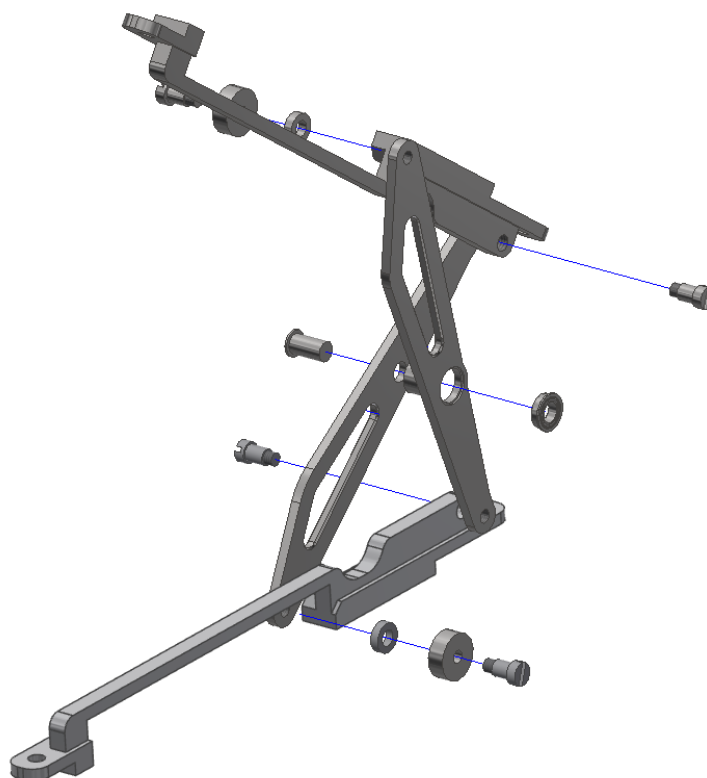


Рисунок 2.9 Загальний вигляд механізму

Схема монтажу роликів повзуну, показана на (рис. 2.10), передбачає прикручування їх спеціальним гвинтом (рис. 2.11), голівка якого не перевищує внутрішній діаметр підшипника та має гладку циліндричну поверхню, яка забезпечує перехідну посадку підшипника.

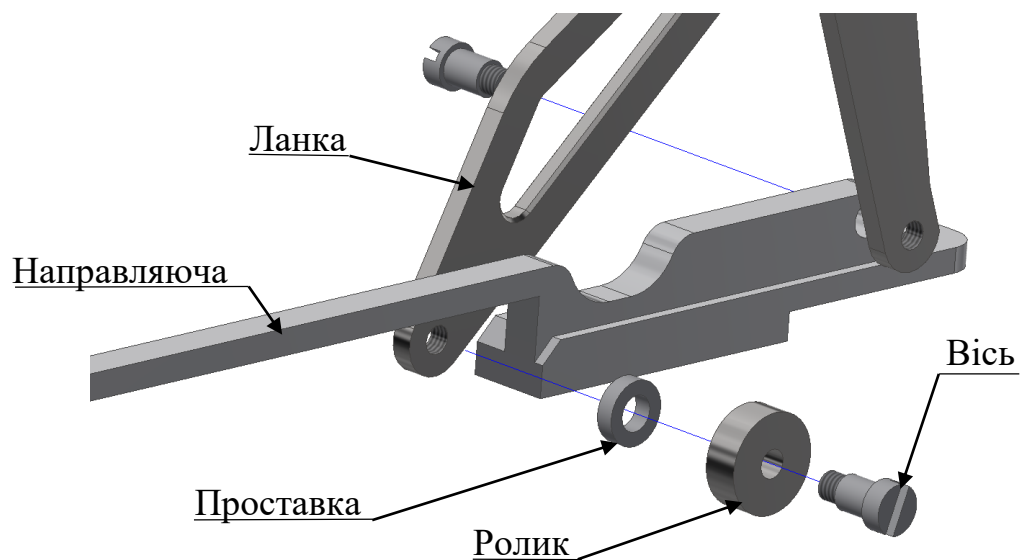


Рисунок 2.10 Збірка повзуна

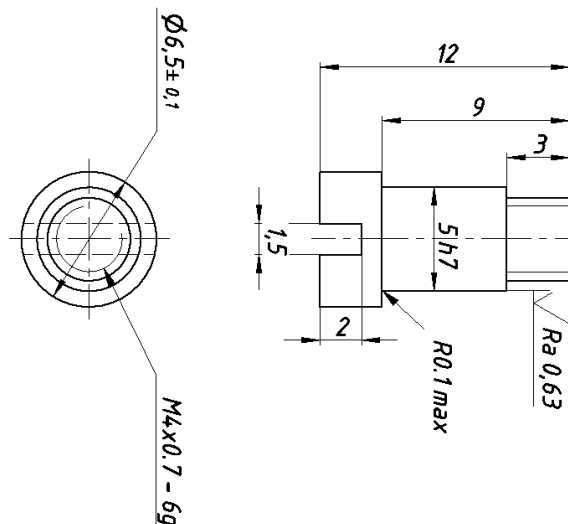


Рисунок 2.11 Фрагмент креслення вісі

Направляючі механізму – це його основа (рис. 2.12). Завдяки направляючим механізм приєднується до корпусу і кришки. Крім того, що до них приєднуються ланки, вони ще і забезпечують поступальний рух роликів та забезпечують зазор між роликом для його вільного кочення по пазу у корпусі та кришці. Виконані із Сталі 65Г для забезпечення жорсткості механізму. Для зменшення шуму під час кочення ролику по поверхні направляючої, були обрані більш високі вимоги до шорсткості.

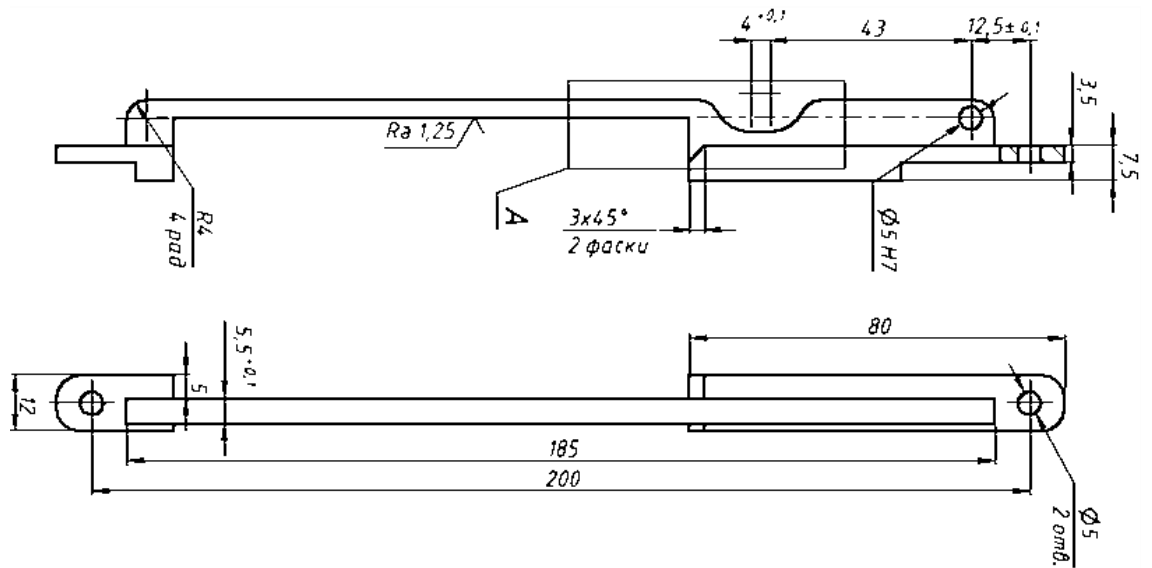


Рисунок 2.11 Фрагмент кресленка направляючої

З'єднання ланок забезпечується завдяки встановленому підшипнику та вісі та встановленій на ній проставкою (рис. 2.13). Кульковий радіальний підшипник SKF W 627/6 R-2Z забезпечує вільне обертання ланок одна відносно одної, а дистанційна проставка зберігає необхідну відстань між ланками, щоб вони не зміщувались вздовж вісі.

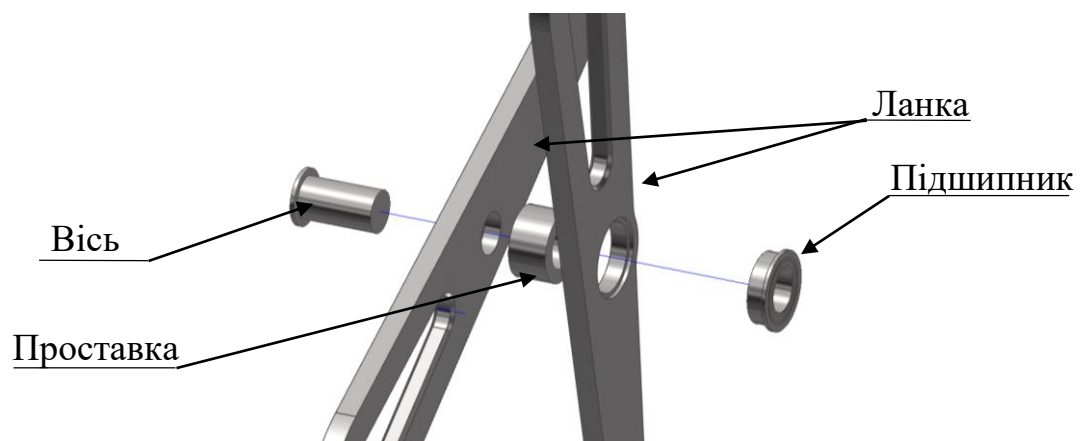


Рисунок 2.13 Збірка підшипникового вузлу

З'єднання вісі та підшипника відбувається шляхом запресовування вісі у підшипник (рис. 2.14). Для складання деталей механізму, було обрано два

типи посадок – перехідна та посадка із натягом. Таким чином, вісь встановлена у ланці (рис. 2.15) із перехідною посадкою та із посадкою з натягом з’єднана із внутрішнім кільцем підшипника. Зовнішнє кільце підшипника з’єднане із ланкою із перехідною посадкою. Натяг між віссю та підшипником переважно забезпечує нероз’ємність механізму, а перехідна посадки у з’єднанні із ланками забезпечують центрування вісі та підшипника відносно отворів.

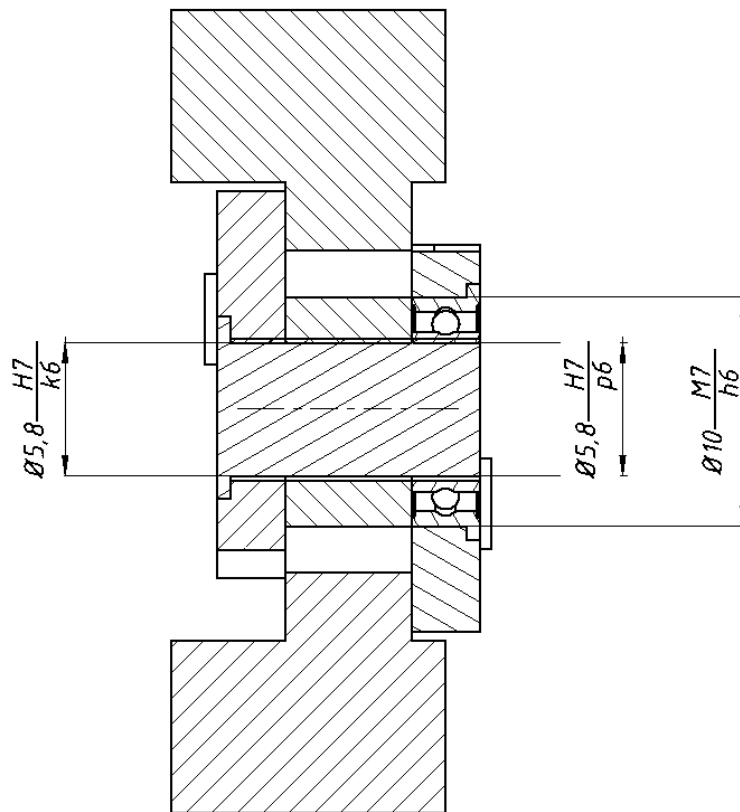


Рисунок 2.14 Підшипниковий вузол

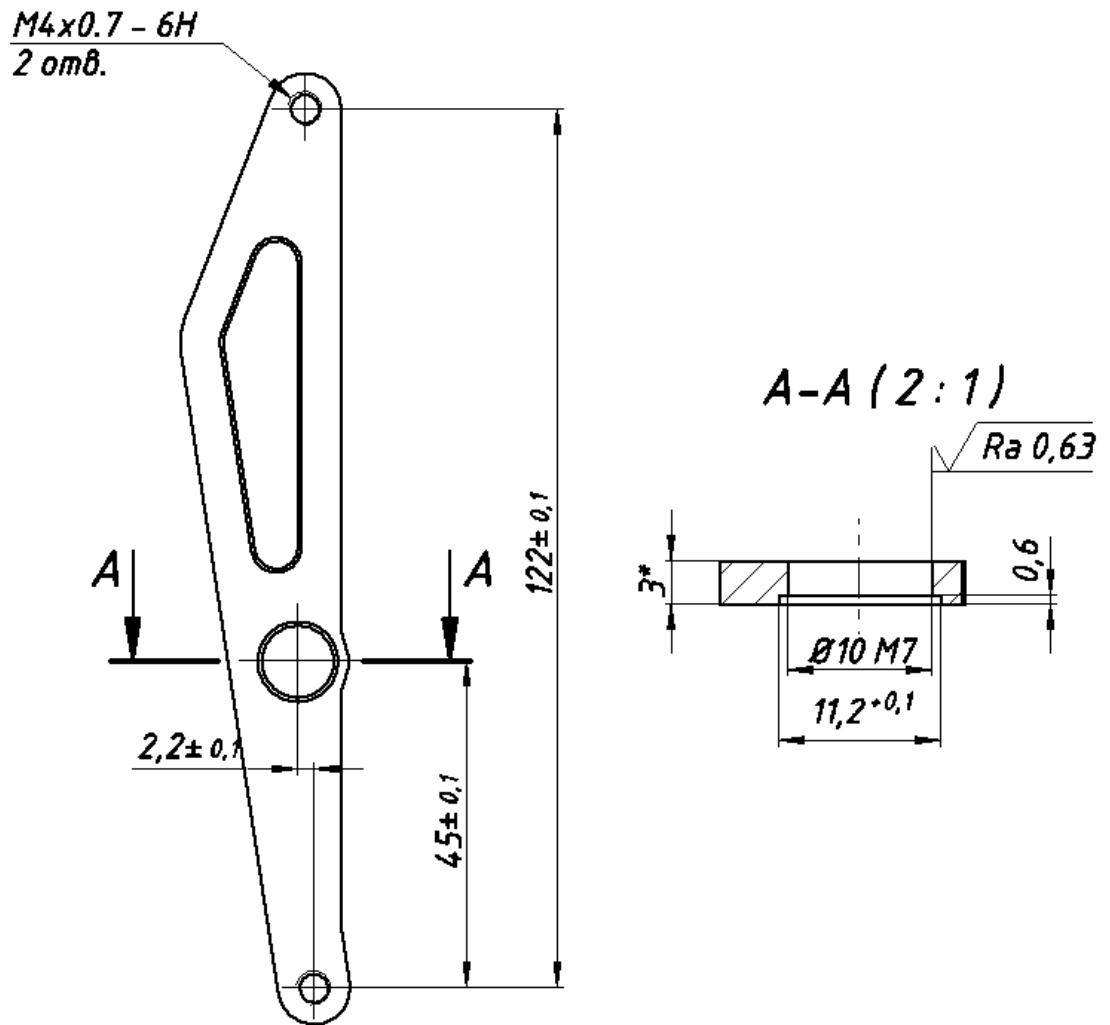


Рисунок 2.15 Розташування та точність отворів ланки із посадкою під підшипник

2.4.3 Перевірка працездатності конструкції та відсутності інтерференції

За допомогою вбудованої функції Autodesk Inventor «Analyze Interference», перевіряємо наявність корисних та паразитних контактів елементів корпусу. Ця функція дозволить перевірити, чи є перешкоди для нормальної роботи механізму, відкриванню та закриванню кришки під час використання пристрою.

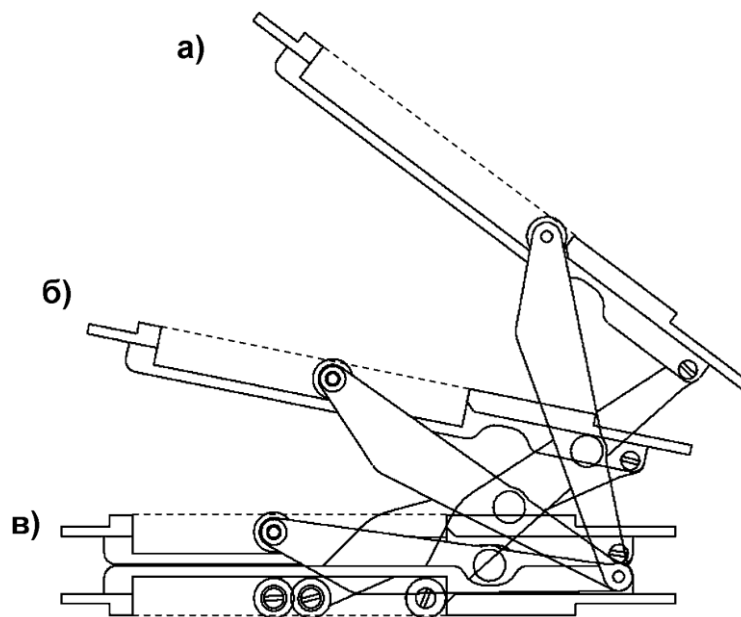


Рисунок 2.16 Положення механізму:

а - відкрите положення, б - проміжне, в - закрите положення

Перевіримо наявність інтерференцій у трьох типових положеннях. Автоматичною функцією «Analyze Interference», накладань елементів механізму на корпус та інші його деталі не виявлено. Однак, знайдена інтерференція у з'єднанні кришки та поліуретанового ущільнювача. В цьому випадку інтерференція обов'язкова, оскільки ущільнювач повинен деформуватись та забезпечувати захист від пилу та вологи.

2.5.Розрахунок вузлів та деталей сканера на силові навантаження

Розглянемо ряд нестандартних ситуацій, що можуть виникнути при експлуатації сканера захищеного типу при його використанні у офісних та військових умовах. Розрахунок деформацій та напружень виконаємо методом кінцевих елементів, скориставшись CAD – системою Autodesk Inventor HSM. Попередньо забезпечимо фіксацію виробу на площині, контролюємо коректність вказаних матеріалів деталей та прикладаємо навантаження в залежності від ситуації.

2.5.1. Перевірка конструкції при нерівномірному закриванні кришки

Така ситуація імітує нерівномірне закривання кришки через наявність перешкоди у площині прилягання (рис. 2.17). Вона небезпечна тим, що виникає ризик пластичної деформації кришки та поломка елементів механізму відкривання/закривання. Прикладена сила – 150 Н (рис. 2.18).

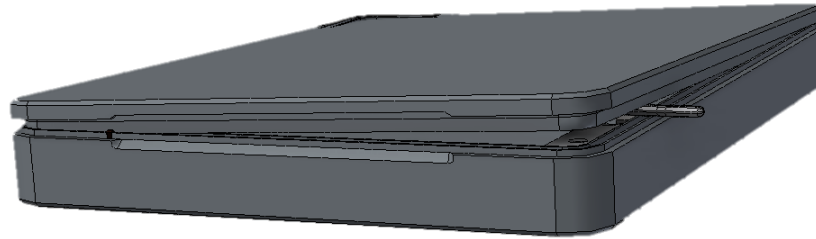


Рисунок 2.17 Імовірний випадок деформації кришки 1

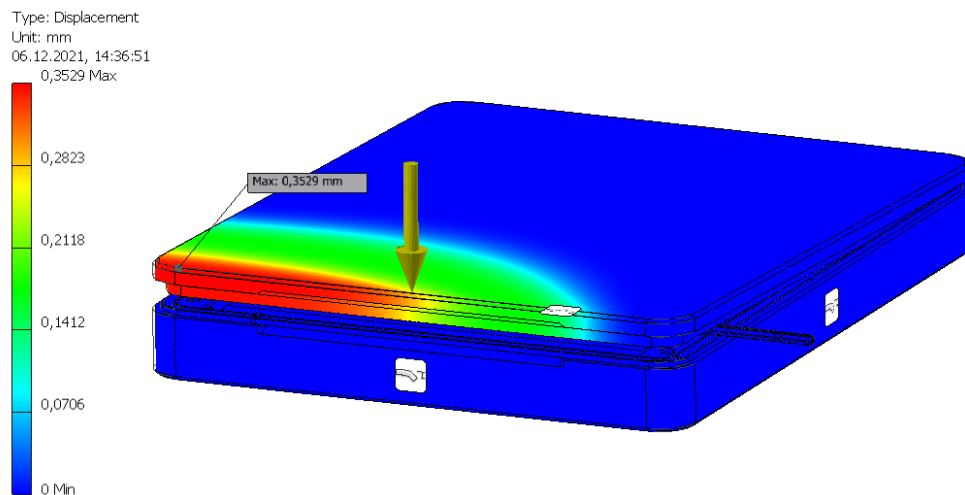


Рисунок 2.18 Демонстрація деформацій

Результат дослідження говорить про те, що жорсткість кришки є досить високою і потенційні деформації механізму при таких зусиллях виявились відсутніми.

2.5.2. Перевірка конструкції на відрив кришки

В цьому випадку ми імітуємо ситуацію, коли користувач навмисно відкриває кришку більше, ніж це дозволено конструкцією механізму (рис.

2.19). Її вірогідність мінімальна, проте результат цього випробування дасть можливість виявити недоліки конструкції ще до етапу виробництва. В цьому випадку ми навмисне створюємо ситуацію, в якій корпус жорстко закріплений на горизонтальній площині. Прикладена сила – 100 Н (рис. 2.20).



Рисунок 2.19 Імовірний випадок деформації кришки 2

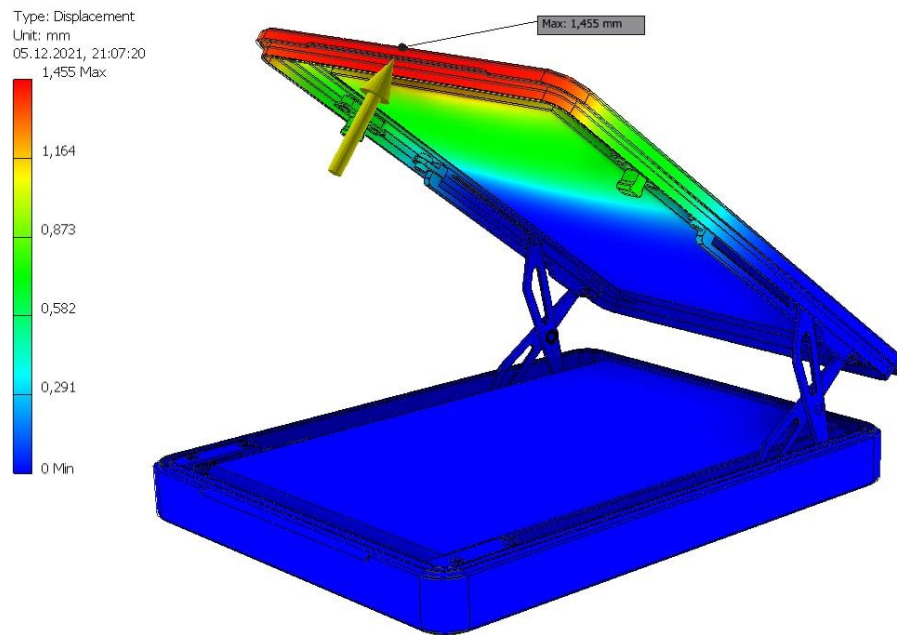


Рисунок 2.20 Демонстрація деформацій

2.5.3. Перевірка корпусу зсув кришки у відкритому положенні

Ця ситуація демонструє випадок ненавмисного здвигу кришки сканера. Оскільки найуразливішим механізм стає, коли він знаходиться у відкритому положенні, то можна передбачити ситуацію, коли до нього прикладають бокове зусилля (рис. 2.21). Для цього ми оберемо ту реальну точку прикладання сили, де плече буде найбільшим (рис. 2.22). Під час випробувань, будемо прикладати силу 100 Н. Ця величина є майже неможливою у реальних умовах, оскільки сили тертя сканера та поверхні, на якій він розташований, не вистачить, щоб сканер залишився нерухомим.



Рисунок 2.21 Імовірний випадок деформації кришки 2

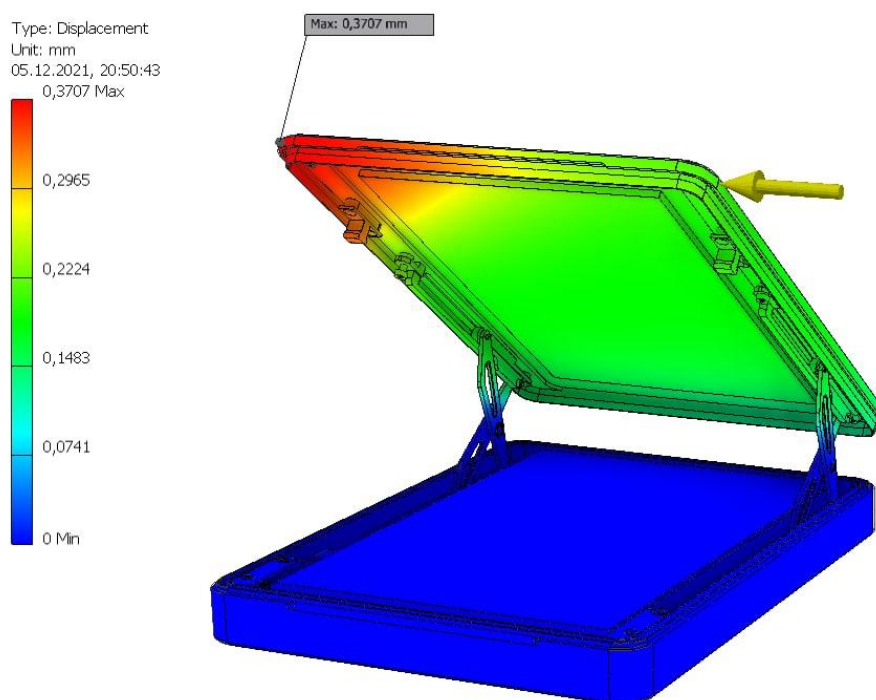


Рисунок 2.22 Деформації при умовах ситуації 2

2.5.4. Перевірка конструкції на стиснення

Перевірка корпусу на міцність передбачає нормальне функціонування обладнання, що розташоване у ньому, навіть при навантаженнях. Оскільки

корпус сканеру виконаний із алюмінію, що є досить м'яким матеріалом, визначимо найбільш вразливу зону для деформації. Такою є кришка, оскільки її товщина є досить малою, а площа великою. При дослідженні цього елемента, зімітуємо вантаж, масою 100 кг, що поклали на кришку (рис. 2.23).

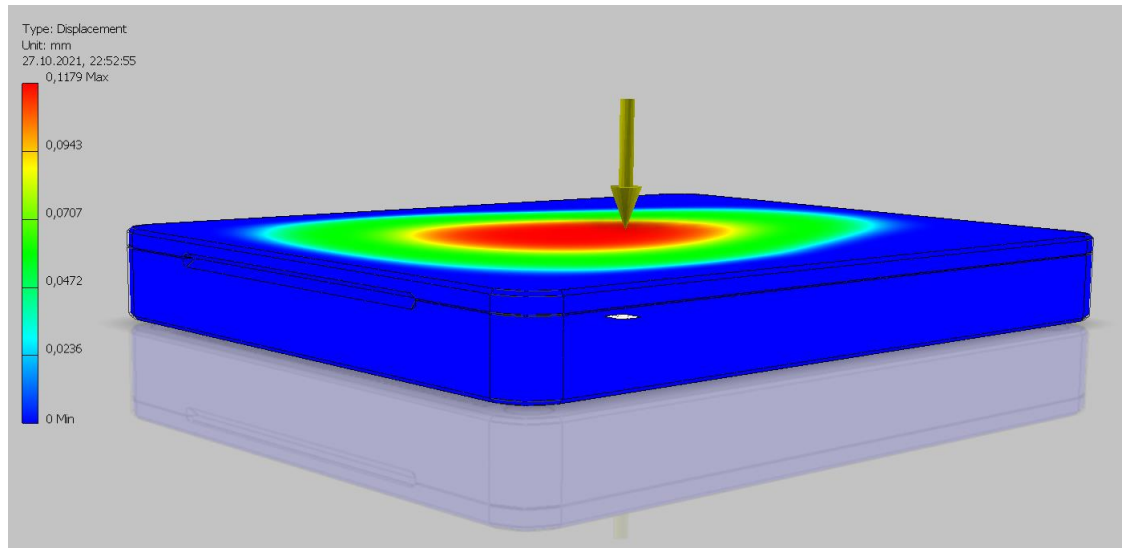


Рисунок 2.23 Демонстрація деформацій кришки корпусу

Виходячи із того, що зазор між внутрішньою стінкою кришки сканера та найближчим електроприладом є зазор 2 мм, то деформації, що ми отримали у результаті дослідження не є небезпечними та не загрожують функціонуванню приладів.

2.6. Розрахунок вузлів та деталей сканера на захищеність від випромінювання

ЕМВ (електромагнітні випромінювання) – це поєднання електричної та магнітної компонент. Вони формують електромагнітний потік, що розповсюджується у певному об'ємі. Є три основних зони розповсюдження хвилі від джерела випромінювання, які можна спостерігати (рис. 2.24):

- Зона індукції
- Дальня зона

- Зона інтерференції

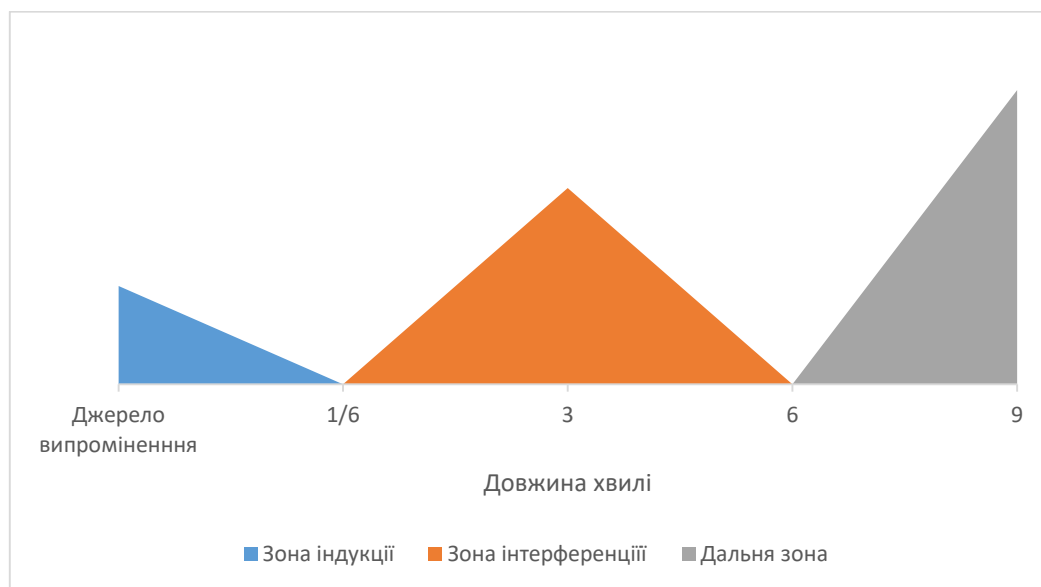


Рисунок 2.24 Класифікація зон впливу електромагнітних хвиль в залежності від віддалення від джерела випромінювання

Оцінка електромагнітного поля виконується за допомогою декількох принципів. В зоні індукції та інтерференції ми можемо спостерігати лише частину синусоїди – неповну довжину хвилі. В таких умовах поле визначається напруженістю магнітного і електричного поля, як двох його складових.

Дальня зона характерна тим, що хвиля в ній вже сформована і сягає шістьох довжин. В таких умовах, електромагнітне поле оцінюється по потужності в напрямку розповсюдження хвилі. Потужність оцінюється щільністю потоку енергії - кількістю енергії, що переміщується за одиницю часу на одиницю площі, Вт / м².

2.6.1. Ущільнення контуру кришки

Для забезпечення екранування корпусу, була розроблена геометрія лабіринтів та використані пружинні струмопровідні ущільнювачі. При закриванні кришки вони утворюють надійний електричний контакт та

перешкоджають розповсюдженню електромагнітних хвиль за межі безпечного об'єму. Однак, цей ущільнювач має один недолік. Він полягає у тому, що присутня вірогідність пошкодження однієї або декількох пружинних контактів. Тому було вирішено дублювати контур ущільнення, забезпечивши додаткову перешкоду для побічних випромінювань (рис. 2.25).

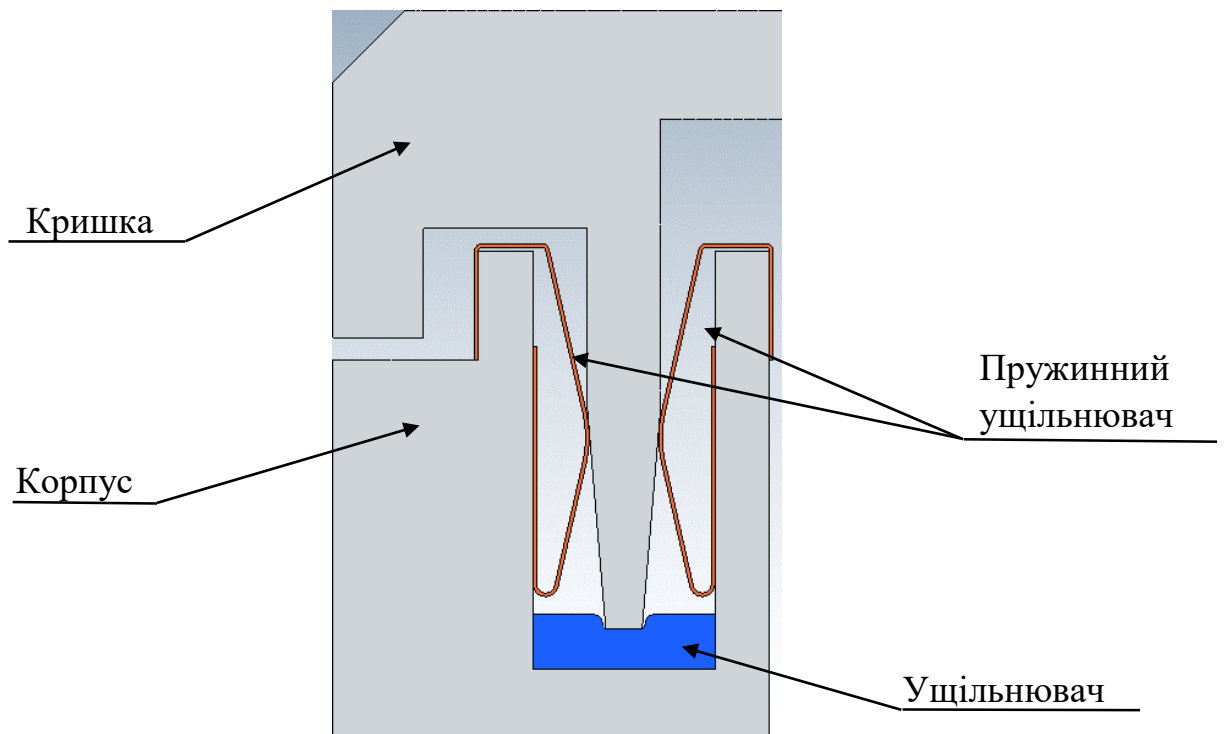


Рисунок 2.25 Геометрія ущільнення по периметру корпусу

2.6.2. Розрахунок необхідної товщини екрану

Розрахуємо аналітично ефективність екранування для граничних точок діапазону випромінювань. Розрахунок ефективності ущільнення розраховувати немає сенсу, оскільки його показники вказані виробником. Для розрахунку вважатимемо, що конструкція корпусу не має складної геометрії зсередини, а мінімальна товщина стінки – 1,5 мм. Внутрішні габарити оболонки, м – 250x350x35. Питомий опір матеріалу $\rho = 2 \cdot 10^{-8}$ Ом*м, Довжина хвилі на частоті 600 МГц, $\lambda = 0,5$ м

Визначимо хвильовий опір електричного та магнітного поля:

$$Z_E = \frac{Z_0 \lambda}{2\pi R_3} \quad (2.6)$$

[11]

$$Z_H = \frac{2\pi R_3}{\lambda} Z_0 \quad (2.7)$$

[11]

Де $Z_0=377$ Ом

Для цього розрахуємо еквівалентний радіус R_3

$$R_3 = \sqrt[3]{\frac{3}{4\pi} b l h} = 0.62 \sqrt[3]{b l h}, \quad (2.8)$$

[11]

де, b, l, h – внутрішні габарити екрану, м

$$R_3 = \sqrt[3]{\frac{3}{4\pi} 0,28 * 0,35 * 0,035} = 0,093$$

Показники хвильового опору електричного і магнітного поля

$$Z_E = \frac{377 * 0.5}{2\pi * 0.093} = 322.58 \text{ Ом}$$

$$Z_H = \frac{2\pi * 0,093}{0,5} 377 = 440,6 \text{ Ом}$$

Розрахуємо глибину проникнення

$$\delta = 0,03 \sqrt{\frac{\lambda \rho}{\mu_r}} = 0.52 \sqrt{\frac{\rho}{\mu_r f}} \quad (2.9)$$

[11]

$$\delta = 0,03 \sqrt{\lambda \rho} = 0,03 \sqrt{0,5 * 2 * 10^{-8}} = 3,5 * 10^{-6} \text{ м}$$

Розрахуємо ефективність екранування

$$\mathfrak{D}_{0E} = \sqrt{\frac{\delta}{\rho} Z_{E(H)}} \sqrt[3]{\frac{\lambda}{R_3}} e^{\frac{2\pi d}{m}} * \left(1 - \frac{\pi m}{\lambda}\right)^6 \quad (2.10)$$

[11]

$$\mathfrak{E}_{0H} = \sqrt{\frac{\delta}{\rho}} Z_H^3 \sqrt{\frac{\lambda}{R_3}} e^{\frac{2\pi d}{m}} * \left(1 - \frac{\pi m}{\lambda}\right)^6 \quad (2.11) \quad [11]$$

,де

δ – глибина проникнення, м;

ρ – питомий опір матеріалу, Ом*м;

$Z_{E(H)}$ – хвильовий опір поля;

R_3 – еквівалентний радіус екрану, м;

d - товщина матеріалу екрану, м.

$$\mathfrak{E}_{0E} = \sqrt{\frac{3,5*10^{-6}}{2,8*10^{-8}}} 322,58 * \sqrt[3]{\frac{0,5}{0,093}} e^{\frac{2\pi 1,5}{10}} * \left(1 - \frac{10\pi}{0,5}\right)^6 = 1,43 * 10^5, \text{ або } \mathbf{103}$$

Дб

$$\mathfrak{E}_{0H} = \sqrt{\frac{3,5*10^{-6}}{2,8*10^{-8}}} 440,6 * \sqrt[3]{\frac{0,5}{0,093}} e^{\frac{2\pi 1,5}{10}} * \left(1 - \frac{10\pi}{0,5}\right)^6 = 2,65 * 10^3, \text{ або } \mathbf{68 \text{ Дб}}$$

Висновок: Із збільшенням частоти випромінювання, ефективність екрану зростає.

2.7. Забезпечення умов захисту деталей сканера від пилу та вологи

Відповідно до ГОСТ 14254-2015 степінь захисту IP65 класифікується як той, що є пиленепроникним та захищений від прямого впливу струменя води. Для забезпечення цих вимог до корпусу, необхідно забезпечити пружний ущільнювач, враховуючи специфіку конструкції. Враховуючи ці фактори, для відливки ущільнювача було обрано поліуретановий компаунд Simpract 85A. Він належить до групи м'яких поліуретанів, проте є досить пружним та не буде пошкоджуватись від систематичного контакту із кришкою корпусу. Крім того, перевагою цього складу є те, що він здатний відновлювати свою форму навіть після довготривалої деформації та працювати у великому діапазоні температур. Деякі властивості цього матеріалу наведені у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 Характеристики компаунду Simract 85A

Твердість по Шору А, ум.од.	Межа міцності на розтяг, Н/мм ²	Діапазон робочої температури, °С	Густина, кг/м ³
75-85	39,2 - 46	Від -40 до +70	1200

Геометрія ущільнювача є простою та розрахована на пружну деформацію досить гострою частиною кришки. Для перевірки стиснення ущільнювача та визначення характеру його поведінки при стисненні застосуємо МКЕ (рис. 2.26).

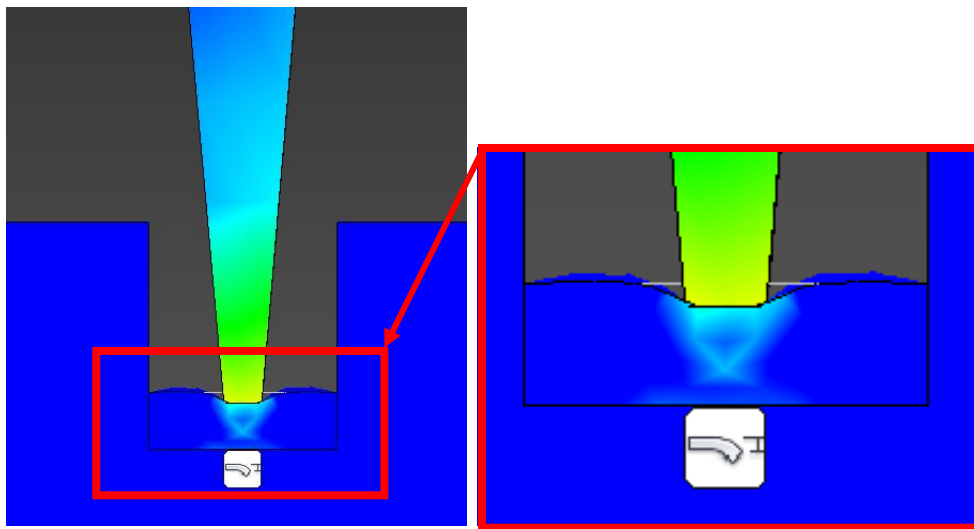


Рисунок 2.26 Ущільнювач у стисненому стані

2.8.Висновки і рекомендації

В результаті розрахунку деталей та вузлів сканера було виявлено великий запас міцності та надійності. Були розроблена компоновка виробу. Спроектовані корпусні деталі із урахуванням особливостей його захисту на основі розрахунків необхідних параметрів ущільнень. Була розроблені кінематика та конструкторська документація конструкції механізму, обрані підшипники відповідно до умов експлуатації та розмірів. Виконані розрахунки на міцність корпусу у зборі при різних нетипових ситуаціях навантаження, а також виконаний аналіз інтерференцій його деталей. У результаті розробки

концепції та визначення компоновки виробу, був спроектований корпус сканера з високою ефективністю екранування з урахуванням умов його експлуатації та поставлених задач (рис. 2.27). По розробленій конструкторській документації було виготовлено 20 зразків, які успішно пройшли випробування та передані замовнику.



Рисунок 2.27 Виготовлені сканери

3. ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ТА ВИПРОБУВАННЯ СКАНЕРА

Завдання виготовлення і випробування натурного зразка захищеного сканера обумовило застосування технологій для одиничного виробництва. В той же час вимоги до точності виготовлення деталей сканера є високими, тому за основну операцію була вибрана фрезерна з ЧПК на оброблювальному центрі з числовим програмним керуванням DMU Evolution 70 (рис. 3.1) із такими основними технічними характеристиками:

Частота обертання шпинделя, мах	– 18000 об/хв
Розміри робочого стола	– 500x700 мм
Кількість керованих осей	– 5
Хід вздовж осей XYZ	– 750, 520 та 520 мм відповідно
Позицій інструментального магазину	– 32

Опції: Наявний вимірювальний щуп, стіл адаптований для установки на нього решітчастого вакуумного столу.



Рисунок 3.1 Оброблювальний центр DMU Evolution 70 [37]

3.1.Проектування технології виготовлення деталі корпус

Для деталі «АЛНА.741532.022 Основа корпусу» розроблено конструкторську документацію. Фрагменти наведені на рис. 3.2.

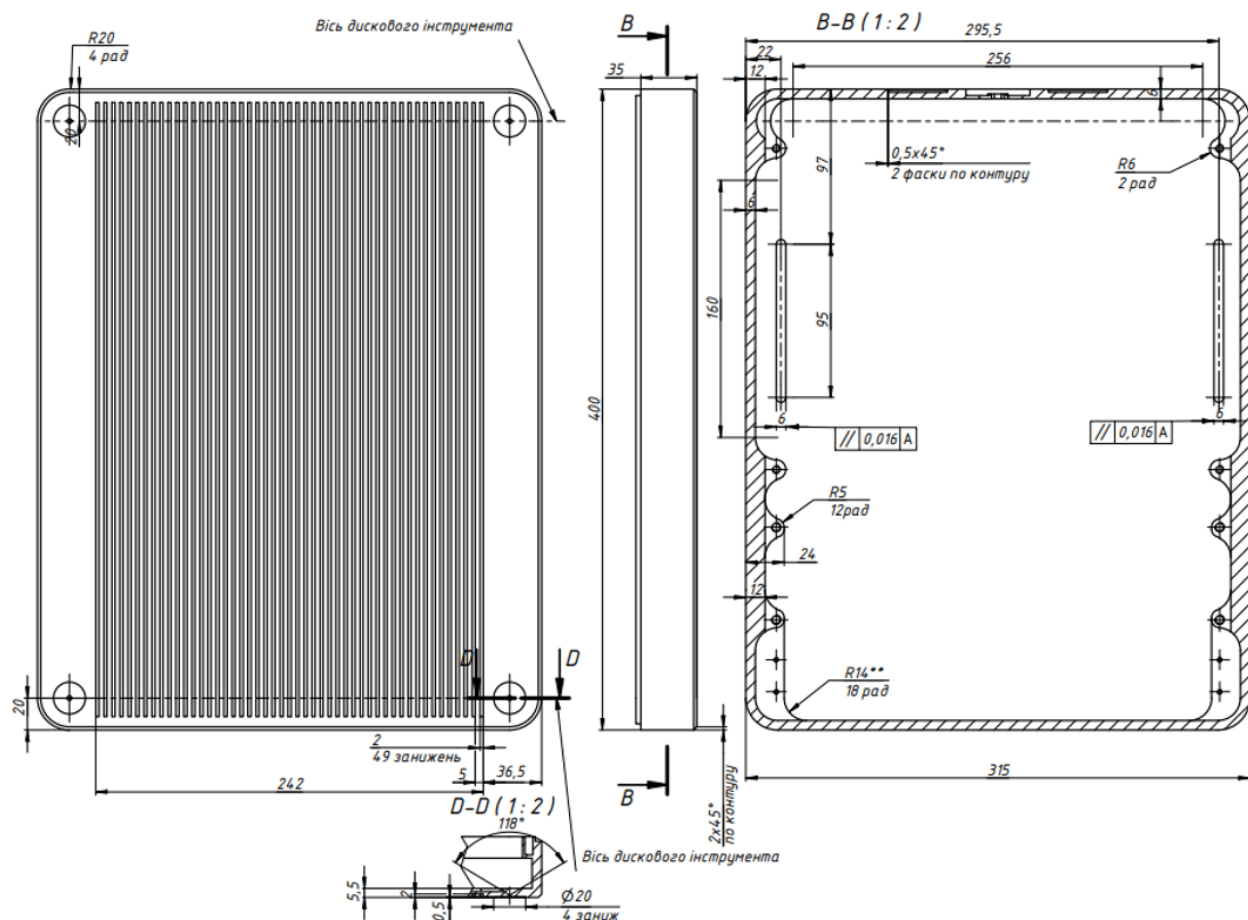


Рисунок 3.2 Фрагмент креслення деталі АЛНА.741532.022 Основа корпусу

Маршрутна технологія виготовлення деталі наведена у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 Технологія виготовлення деталі АЛНА.741532.022 Основа корпусу

№	Назва операції	Обладнання	Ескіз	Інструмент
005	Заготівельна 1 Відрізання заготовки	Стрічкова пила JET HBS-916W		Стрічка по металу 2 мм

020	Контроль	Координатно-вимірювальна машина EOS Coord3		Вимірювання геометричних розмірів
025	Нанесення гальванічного покриття			Хім.Окс.Е
030	Фарбування ззовні	Kawasaki Robotics KF264	Фарбування деталей ззовні згідно програмі робота.	Фарба поліуретанова W762M Silver Festo матова
035	Контроль	Товщиномір Blue Technology Thickness gauge		Вимірювання товщини захисного покриття та його відсутності за окремими позиціями

Представлена технологія практично реалізована і отримана деталь «АЛНА.741532.022 Основа корпусу» відповідає вимогам конструкторської документації.

3.2.Проектування технології виготовлення деталі кришка

Для деталі «АЛНА741139.030 Кришка» розроблено конструкторську документацію. Фрагменти наведені на рис. 3.3.

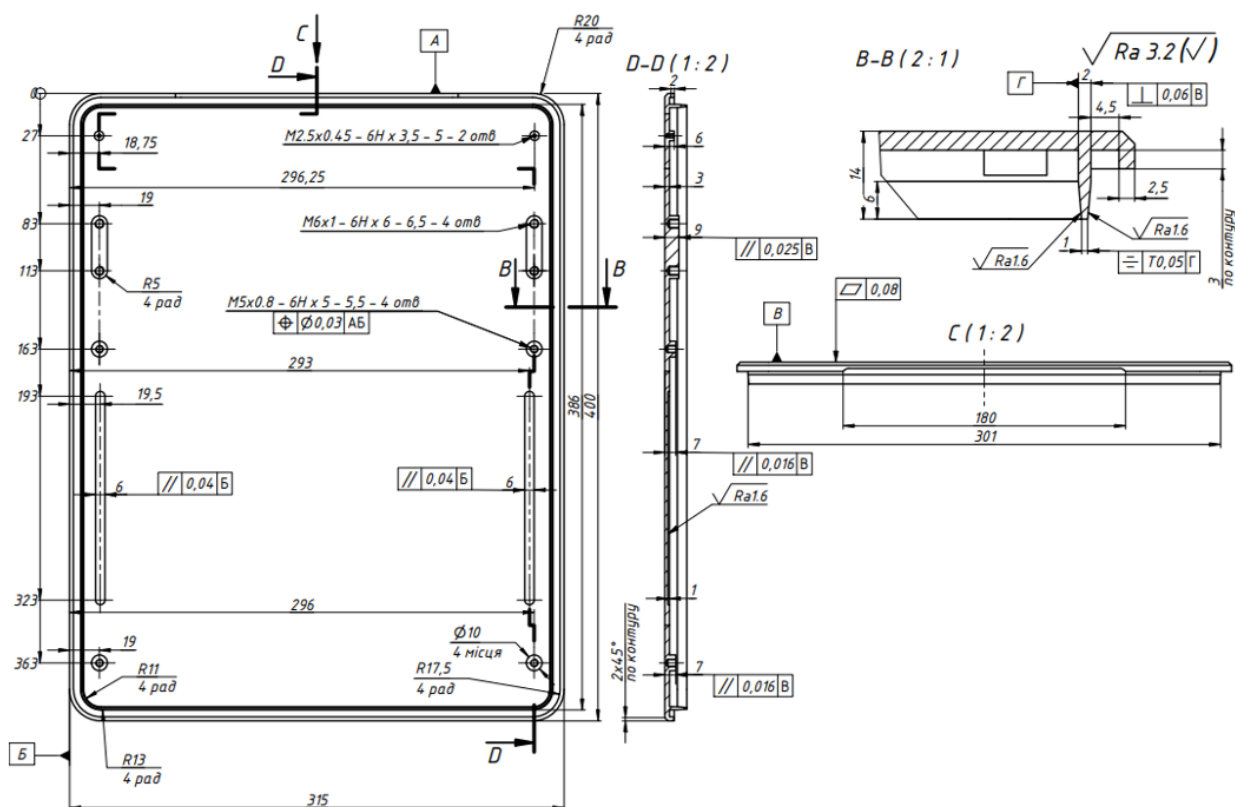
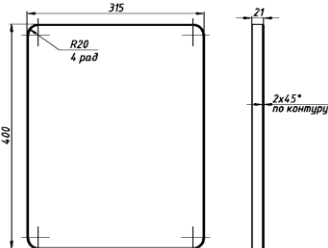
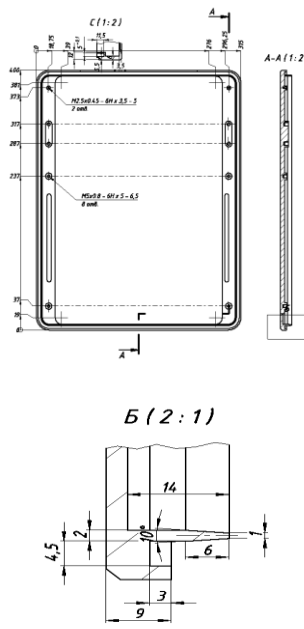


Рисунок 3.312 Фрагмент кресленика деталі АЛНА741139.030 Кришка

Маршрутна технологія виготовлення деталі наведена у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 Технологія виготовлення деталі АЛНА.741139.030 Кришка

№	Назва операції	Обладнання	Ескіз	Інструмент
005	Заготівельна 1 Відрізання заготовки	Стрічкова пила JET HBS-916W		Стрічка по металу 2 мм
010	Фрезерна з ЧПК 1 Фрезерування	Фрезерний верстат DMU Evolution 70 із решітчастим вакуумним		Фреза кінцева твердосплавна Ø 12 мм CoroMill Plura R216.33-12040- AJ16U H10F

	зовнішнього габариту 2 Фрезерування площини 3 Фрезерування фаски			Фреза торцева збірна Ø 50 мм Торцевая фреза CoroMill 200 R200-050Q27-16H
				Фреза для обробки фасок (45°) CoroMill 495 495-020A204509M
015	Фрезерна з ЧПК 1 Фрезерування внутрішнього об'єму 2 Свердління отворів 3 Нарізання різьб 4 Фрезерування фаски	Фрезерний верстат DMU Evolution 70 із решітчастим вакуумним столом		Фрез кінцева твердосплавна Ø 16 мм CoroMill Plura 1P360-1588-XA 1620
				Свердло Ø 4,2 мм CoroDrill 860.1-0420-013A1-NM H10F
				Різьбова фреза M5x0,8 - 6H CoroMill Plura R217.13-040080AC15P H07F
				Фреза кінцева твердосплавна Ø 12 мм CoroMill Plura R216.33-12040-AJ16U H10F
045	Контроль	Координатно-вимірювальна машина EOS Coord3		Контроль геометричних параметрів за програмою
050	Нанесення гальванічного покриття			Хім.Окс.Е

055	Фарбування ззовні	Kawasaki Robotics KF264	Фарбування деталей ззовні згідно програмі робота.	Фарба поліуританова W762M Silver Festo матова
060	Контроль	Товщиномір Blue Technology Thickness gauge		Контроль товщини напилення фарби та її відсутності в окремих позиціях

Представлена технологія практично реалізована і отримана деталь «АЛНА.741139.030 Кришка» відповідає вимогам конструкторської документації.

3.3.Проектування технології виготовлення ланки механізму відкривання-закривання

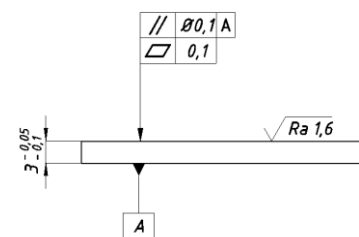
Технологія виготовлення деталі «АЛНА.735356.012 Ланка» (рис. 3.4) базується на використанні операції лазерної різки з наступною багатоцільовою операцією на верстаті з ЧПК.

Практичне застосування технології виявило проблеми, пов'язані із можливою кривизною листа заготовки та, як наслідок, спотворення кінематики механізму. Виникали затирання по стінках направляючих, знос осей а кришка при закриванні зміщувалась. Тому технологія була доопрацьована й доповнена операцією шліфування площин. Це дало змогу отримати достатню площинність ланок та забезпечити їх правильне функціонування.

Маршрутна технологія виготовлення деталі «АЛНА.735356.012 Ланка» наведена у табл. 3.3.

АЛНА.735356.012 Ланка

69

030	Шліфувальна	MM 2808 Weili		Шліфу-вальний круг 1A1
035	Нанесення гальванічного покриття			CrO ₃
040	Контроль	KBM - EOS Coord3		Контроль геометричних параметрів за програмою
045	Фарбування ззовні	Kawasaki Robotics KF264	Фарбування деталей ззовні згідно програми робота.	Фарба поліуританова W762M Silver Festo матова
050	Контроль	Товщиномі р Blue Technology Thickness gauge		Контроль товщини напилення фарби та її відсутності в окремих позиціях

Представлена технологія практично реалізована і отримана деталь «АЛНА.735356.012 Ланка» відповідає вимогам конструкторської документації.

. Розробка керуючої програми для обробки деталей на верстаті із ЧПК

Для всіх операцій з ЧПК виготовлення деталей сканера розроблені керуючі програми. Для деталі «АЛНА.741532.022 Основа корпусу» весь процес розроблення керуючих програм наведений у даному розділі. Нагадаємо, що для виконання операцій на верстаті із ЧПК не обхідно створити керуючу програму – G-код. В цьому файлі міститиметься вся інформація про обробку – координати та траєкторії руху інструменту або заготовки, режими

обробки, параметри інструменту, керуючі сигнали для управління системами верстату.

Обробка на верстатах із числовим програмним керуванням є більш точною та контрольованою, оскільки на сучасних верстатах встановлені системи контролю зносу інструменту, що дозволяє корегувати траєкторії для збереження необхідних геометричних параметрів. В нашому випадку, верстат має щуп, за допомогою якого, при кожній установці заготовки, похибка її базування буде врахована вимірювальною системою верстату.

Для створення програми скористаємось САМ-системою. В даному випадку – це Autodesk Fusion 360. Для цього завантажуюмо раніше створену 3Д модель корпусу (рис. 3.5)

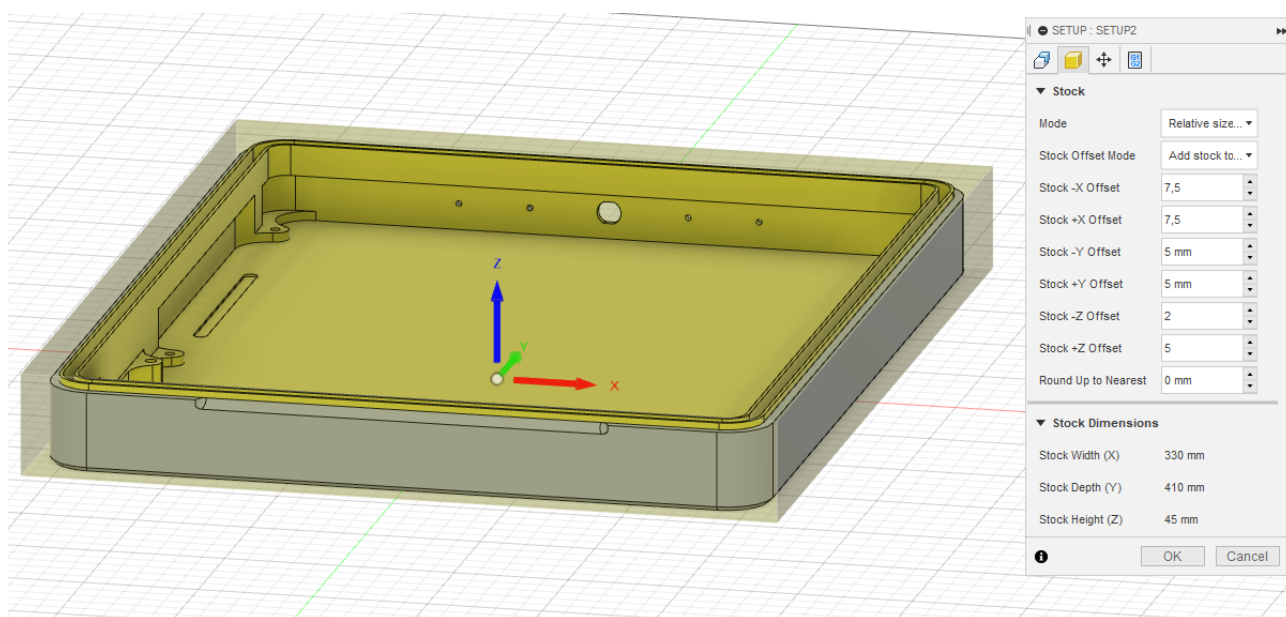


Рисунок 3.5 Налаштування параметрів заготовки

На цьому верстаті деталь «АЛНА.741532.022 Основа корпусу» обробляється за 2 установи. На першому установі обробляється площа нижньої частини корпусу (рис. 3.6), фрезеруються стінки ззовні (контур) , обробляються ребра, фаска та заглиблення для ніжок.

При обробці контуру деталі були застосовані налаштування врізання інструменту у матеріал та припуск на чистову обробку (рис. 3.7). Так, фреза

врізається у матеріал під кутом 5° , а довжина врізання складатиме 50 мм. Припуск на чистову обробку – 1 мм.

Обробка ребер відбувається завдяки поворотному столу, що має можливість повороту на 1800 (рис. 3.8) Це дозволить не перевстановлювати деталь, скоротити час виготовлення та точність обробки.

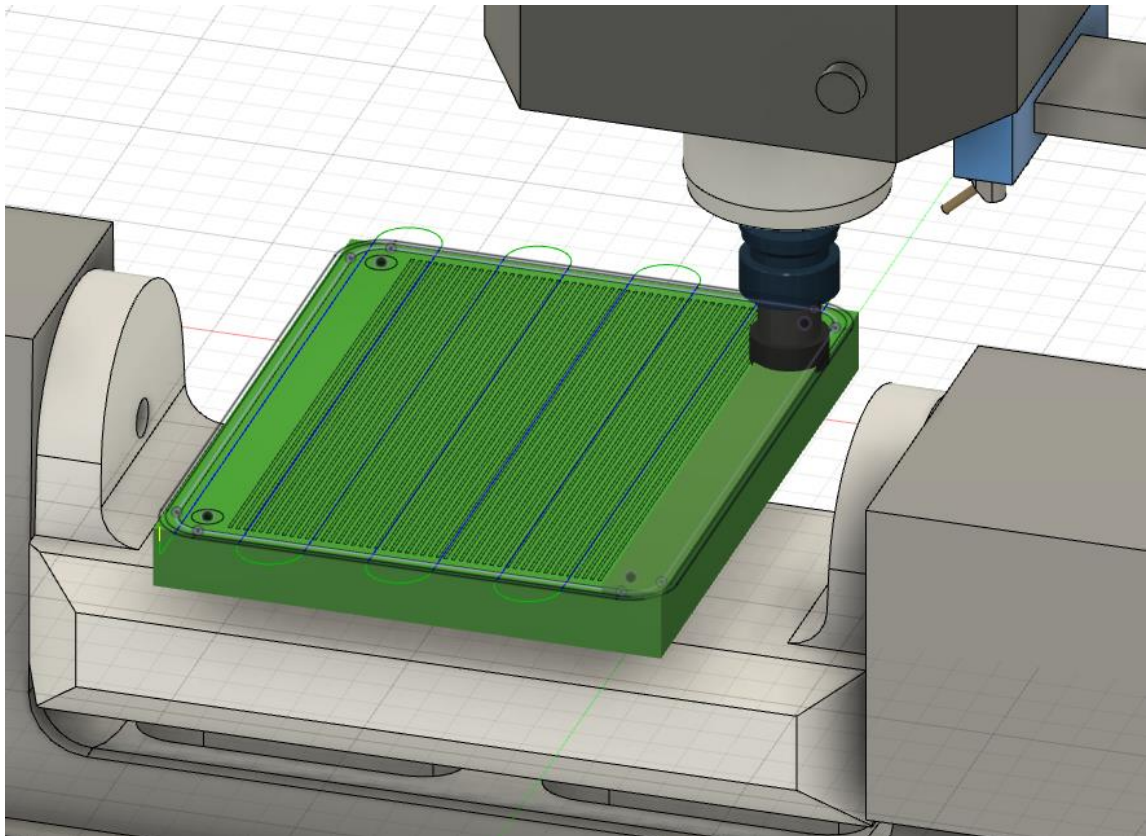


Рисунок 3.6 – Операція 010 - Обробка площини

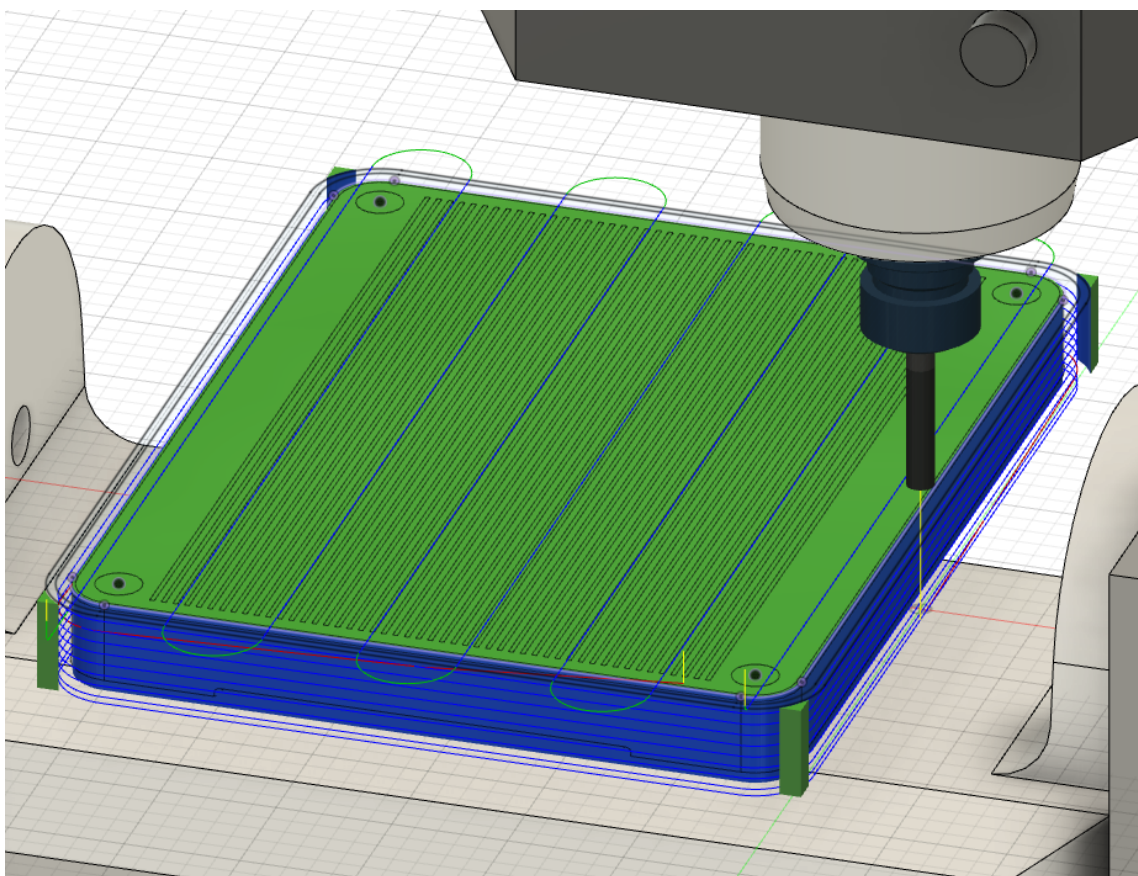


Рисунок 3.7 – Операція 010 - Обробка контуру

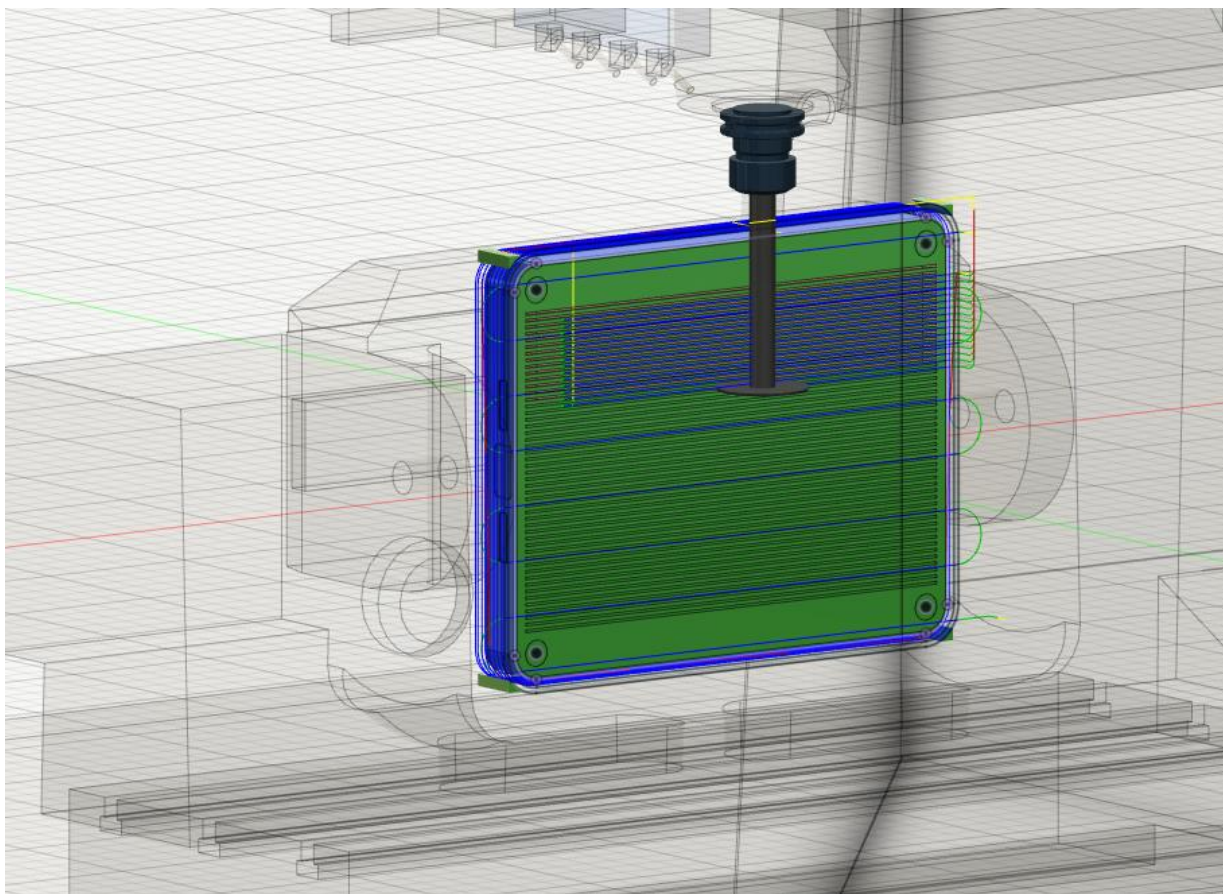


Рисунок 3.8 – Операція 010 - Обробка ребер

Варто зазначити, що попри досить великий виліт інструменту, обробку усіх ребер виконати з однієї сторони неможливо, тому операція розбита на дві – обробка з однієї сторони, поворот столу на 180^0 та обробка залишку. Обробка заглиблень ніжок відбувається у стандартному положенні стола та не є складною (рис. 3.9).

Після операції обробки заглиблень, деталь перевстановлюється. Установка в оснастку супроводжується визначенням положення заготовки завдяки щупу. Як і при попередньому установі, спочатку оброблюється площа в розмір та фрезерується відразу два елементи – уступ та паз (рис. 3.10). Обидва цих елементи необхідні для ущільнення кришки.

Під час цієї операції вивантажується основний матеріал зсередини корпусу – оброблюється карман (рис. 3.11). Для обробки цього елемента було обрано фрезу $\varnothing 16$ мм. Це дозволить досить швидко вивантажити весь об'єм

матеріалу та не змінювати інструмент для обробки заокруглень, що присутні у геометрії елемента.

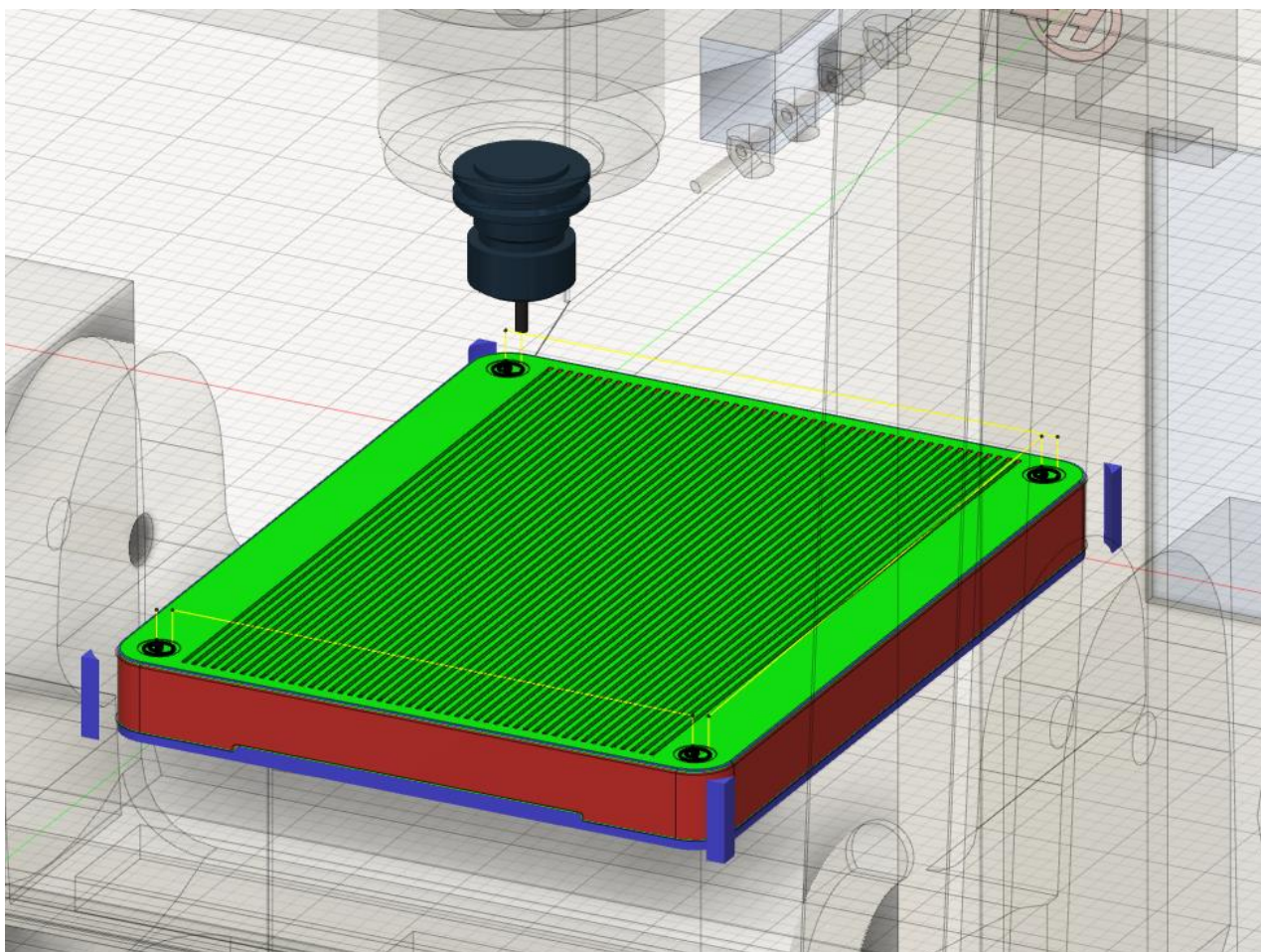


Рисунок 3.9 - Операція 010 - Обробка заглиблень ніжок

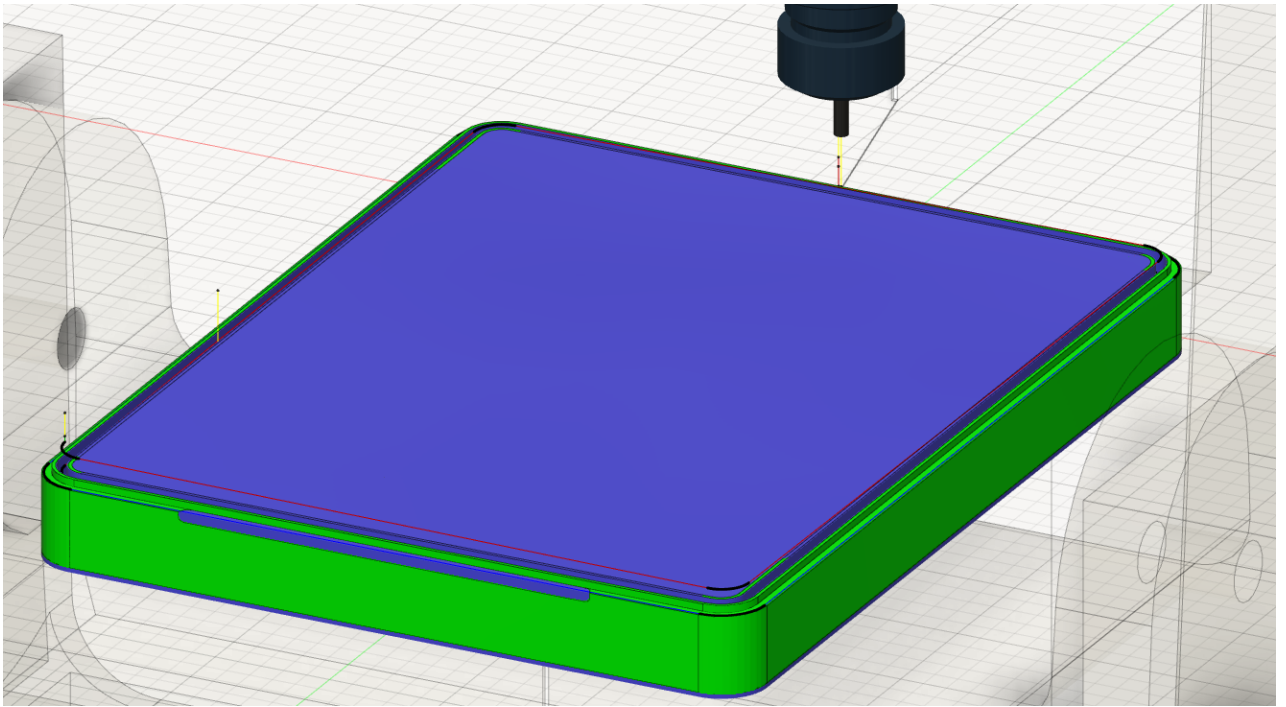


Рисунок 3.10 – Операція 015 - Обробка уступу та пазу

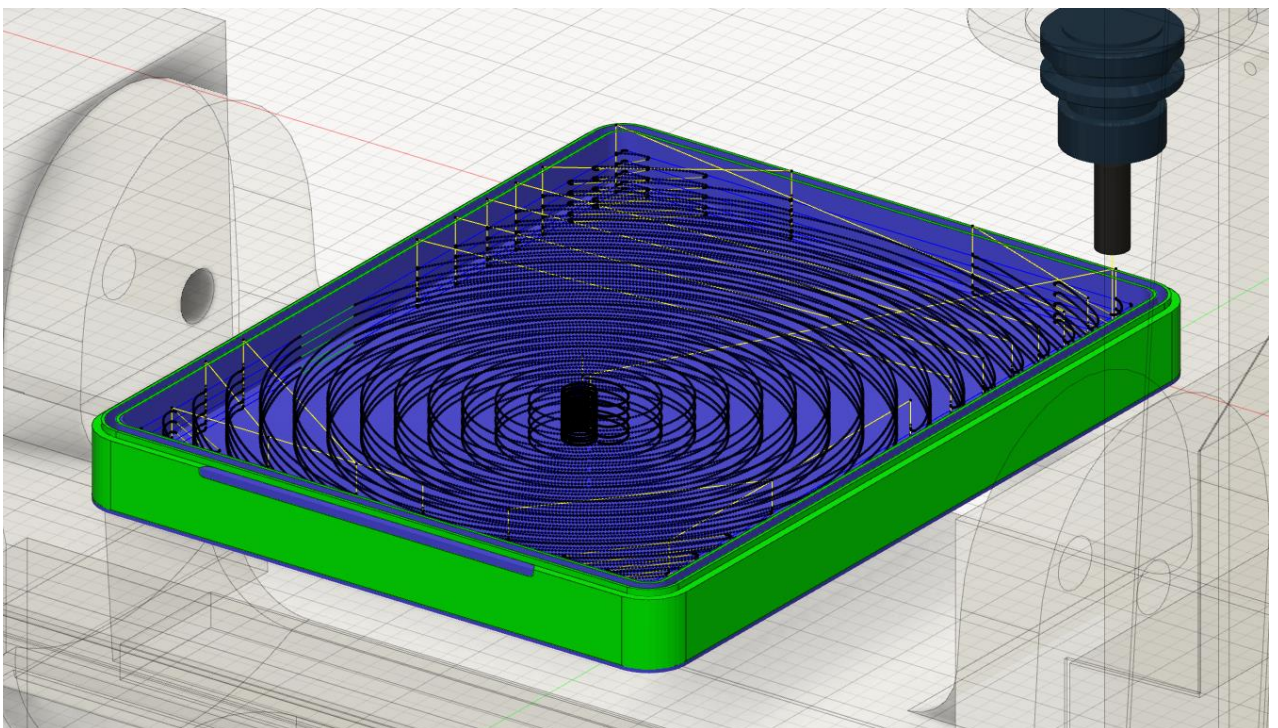


Рисунок 3.11 – Операція 015 - Обробка карману корпусу

Результатом створення програми є керуючий код та усі налаштування обробки – параметри заготовки (рис. 3.12), різальний інструмент, його порядковий номер (рис. 3.13) та траєкторія руху (рис. 3.14), режими різання та

інформація про обробку така, як час, кількість операцій, їх послідовність (табл. 3.4). Фрагмент коду керуючої програми наведений на рис. 3.15.

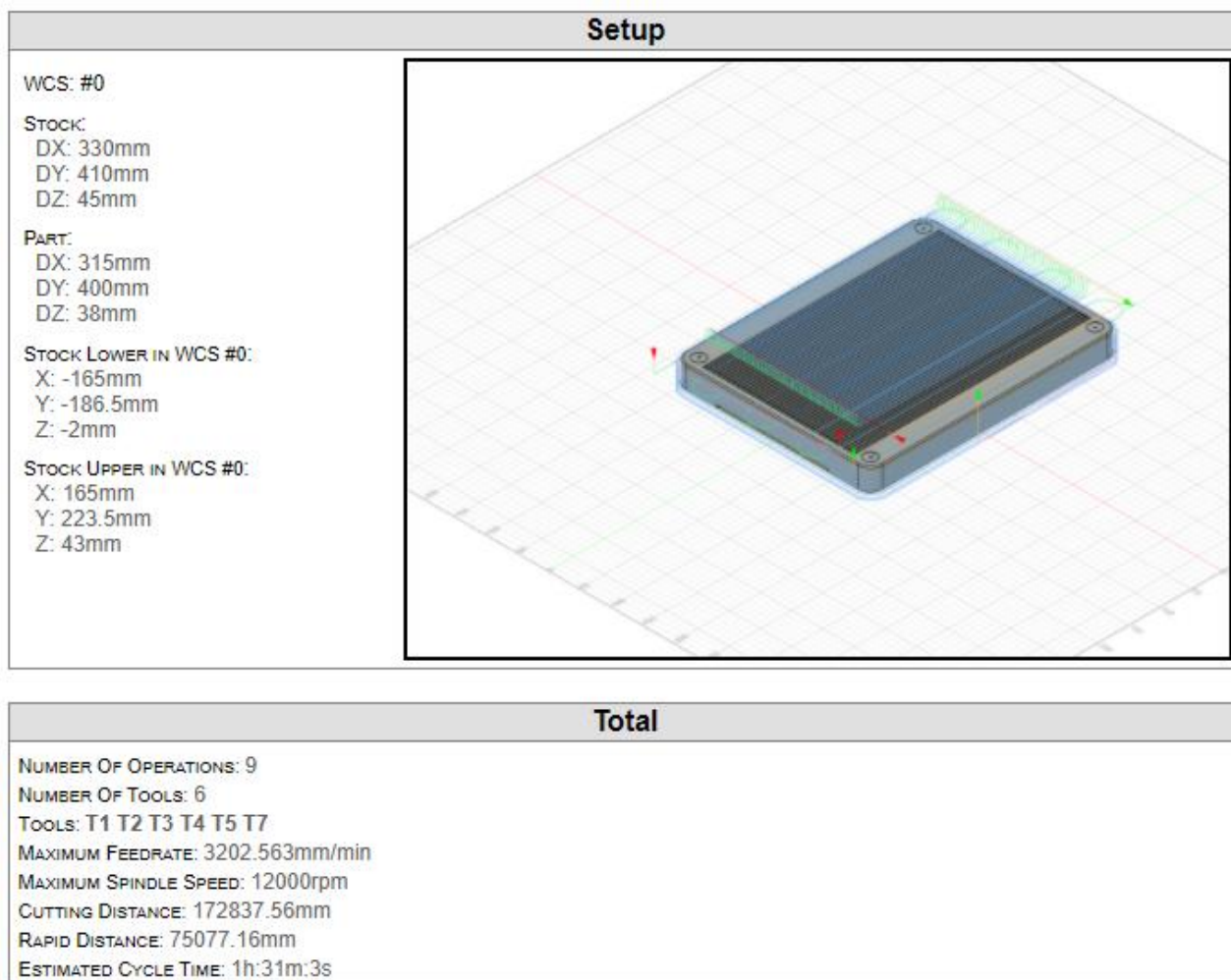


Рисунок 3.12 Основна інформація

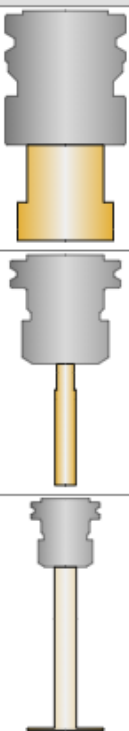
Tools			
T1 D1 L1 Type: face mill DIAMETER: 50mm LENGTH: 50mm FLUTES: 4	MAXIMUM FEED: 975mm/min MAXIMUM SPINDLE SPEED: 4970rpm CUTTING DISTANCE: 7512.89mm RAPID DISTANCE: 52mm ESTIMATED CYCLE TIME: 11m:54s (13.1%)	HOLDER: BT40 - B4C3-0040	
T2 D2 L2 Type: flat end mill DIAMETER: 12mm LENGTH: 70mm FLUTES: 3 DESCRIPTION: 12mm Flat Endmill	MAXIMUM FEED: 3202.563mm/min MAXIMUM SPINDLE SPEED: 8085rpm CUTTING DISTANCE: 15551.8mm RAPID DISTANCE: 144.8mm ESTIMATED CYCLE TIME: 4m:55s (5.4%)	HOLDER: Maritool CAT40-ER32-2.35 VENDOR: Maritool PRODUCT: CAT40-ER32-2.35	
T3 D3 L3 Type: slot mill DIAMETER: 70mm CORNER RADIUS: 0.1mm LENGTH: 150mm FLUTES: 3 DESCRIPTION: 70 mm Slot mill	MAXIMUM FEED: 3197.271mm/min MAXIMUM SPINDLE SPEED: 5390rpm CUTTING DISTANCE: 28354.25mm RAPID DISTANCE: 26808.44mm ESTIMATED CYCLE TIME: 19m:15s (21.1%)	HOLDER: Maritool CAT40-ER32-2.35 VENDOR: Maritool PRODUCT: CAT40-ER32-2.35	

Рисунок 3.13 Використаний інструмент

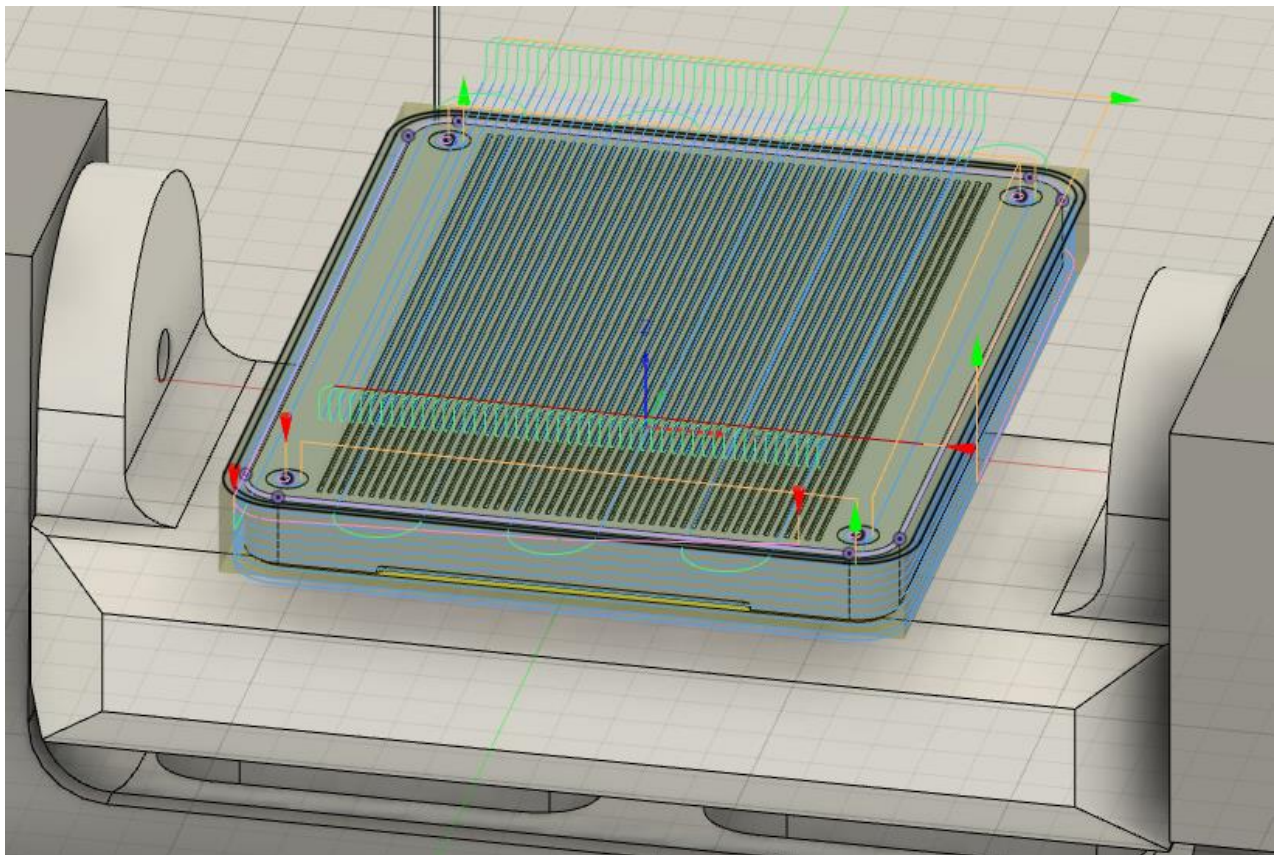
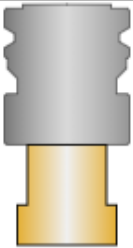
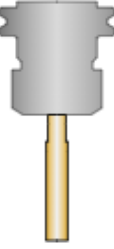

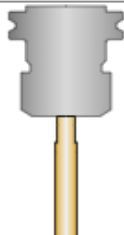
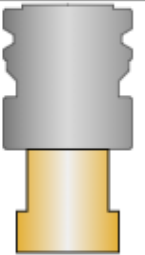
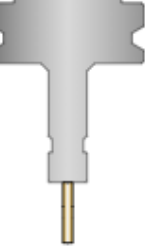
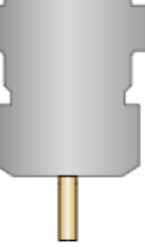

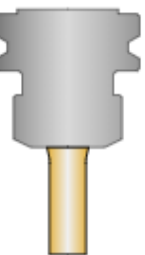


Рисунок 3.14 Траєкторії операцій при першій установці заготовки

Таблиця 3.4 Операції та режими різання

Operations			
Operation 1/9 DESCRIPTION: Face1 STRATEGY: Facing WCS: #0 TOLERANCE: 0.01mm MAXIMUM STEPOVER: 47.5mm	MAXIMUM SPINDLE SPEED: 4970rpm MAXIMUM FEEDRATE: 975mm/min CUTTING DISTANCE: 3863.37mm RAPID DISTANCE: 27mm ESTIMATED CYCLE TIME: 3m:58s (4.4%) COOLANT: Air	T1 D1 L1 TYPE: face mill DIAMETER: 50mm LENGTH: 50mm FLUTES: 4	
Operation 2/9 DESCRIPTION: 2D Contour1 STRATEGY: Contour 2D WCS: #0 TOLERANCE: 0.01mm STOCK TO LEAVE: -5mm MAXIMUM STEPDOWN: 5mm MAXIMUM STEPOVER: 11.4mm	MAXIMUM SPINDLE SPEED: 7799rpm MAXIMUM FEEDRATE: 3202.563mm/min CUTTING DISTANCE: 14061.7mm RAPID DISTANCE: 78mm ESTIMATED CYCLE TIME: 4m:24s (4.8%) COOLANT: Air	T2 D2 L2 TYPE: flat end mill DIAMETER: 12mm LENGTH: 70mm FLUTES: 3 DESCRIPTION: 12mm Flat Endmill	
Operation 3/9 DESCRIPTION: 2D Contour2 STRATEGY: Contour 2D WCS: #0 TOLERANCE: 0.01mm STOCK TO LEAVE: 0mm MAXIMUM STEPOVER: 66.31mm	MAXIMUM SPINDLE SPEED: 5390rpm MAXIMUM FEEDRATE: 3197.271mm/min CUTTING DISTANCE: 28354.25mm RAPID DISTANCE: 26808.44mm ESTIMATED CYCLE TIME: 19m:15s (21.1%) COOLANT: Air	T3 D3 L3 TYPE: slot mill DIAMETER: 70mm CORNER RADIUS: 0.1mm LENGTH: 150mm FLUTES: 3 DESCRIPTION: 70 mm Slot mill	
Operation 4/9 DESCRIPTION: 2D Contour3 STRATEGY: Contour 2D WCS: #0 TOLERANCE: 0.01mm STOCK TO LEAVE: 0mm MAXIMUM STEPOVER: 11.4mm	MAXIMUM SPINDLE SPEED: 8085rpm MAXIMUM FEEDRATE: 3202.563mm/min CUTTING DISTANCE: 1490.1mm RAPID DISTANCE: 66.8mm ESTIMATED CYCLE TIME: 30s (0.8%) COOLANT: Flood	T2 D2 L2 TYPE: flat end mill DIAMETER: 12mm LENGTH: 70mm FLUTES: 3 DESCRIPTION: 12mm Flat Endmill	

<p>Operation 5/9</p> <p>DESCRIPTION: Face3</p> <p>STRATEGY: Facing</p> <p>WCS: #0</p> <p>TOLERANCE: 0.01mm</p> <p>MAXIMUM STEPOVER: 47.5mm</p>	<p>MAXIMUM SPINDLE SPEED: 955rpm</p> <p>MAXIMUM FEEDRATE: 460mm/min</p> <p>CUTTING DISTANCE: 3649.52mm</p> <p>RAPID DISTANCE: 25mm</p> <p>ESTIMATED CYCLE TIME: 7m:56s (8.7%)</p> <p>COOLANT: Flood</p>	<p>T1 D1 L1</p> <p>TYPE: face mill</p> <p>DIAMETER: 50mm</p> <p>LENGTH: 50mm</p> <p>FLUTES: 4</p>	
<p>Operation 6/9</p> <p>DESCRIPTION: Slot2</p> <p>STRATEGY: Slot</p> <p>WCS: #0</p> <p>TOLERANCE: 0.01mm</p> <p>MAXIMUM STEPOVER: 2mm</p>	<p>MAXIMUM SPINDLE SPEED: 5000rpm</p> <p>MAXIMUM FEEDRATE: 1000mm/min</p> <p>CUTTING DISTANCE: 3904.23mm</p> <p>RAPID DISTANCE: 41.5mm</p> <p>ESTIMATED CYCLE TIME: 6m:28s (7.1%)</p> <p>COOLANT: Flood</p>	<p>T5 D5 L5</p> <p>TYPE: flat end mill</p> <p>DIAMETER: 4mm</p> <p>LENGTH: 25mm</p> <p>FLUTES: 3</p>	
<p>Operation 7/9</p> <p>DESCRIPTION: 2D Contour5</p> <p>STRATEGY: Contour 2D</p> <p>WCS: #0</p> <p>TOLERANCE: 0.01mm</p> <p>STOCK TO LEAVE: 0mm</p> <p>MAXIMUM STEPOVER: 5.7mm</p>	<p>MAXIMUM SPINDLE SPEED: 12000rpm</p> <p>MAXIMUM FEEDRATE: 2388.433mm/min</p> <p>CUTTING DISTANCE: 1406.75mm</p> <p>RAPID DISTANCE: 32.4mm</p> <p>ESTIMATED CYCLE TIME: 36s (0.7%)</p> <p>COOLANT: Flood</p>	<p>T4 D4 L4</p> <p>TYPE: flat end mill</p> <p>DIAMETER: 6mm</p> <p>LENGTH: 22.5mm</p> <p>FLUTES: 3</p> <p>DESCRIPTION: 6mm Flat Endmill</p>	
<p>Operation 8/9</p> <p>DESCRIPTION: 2D Adaptive1</p> <p>STRATEGY: Adaptive 2D</p> <p>WCS: #0</p> <p>TOLERANCE: 0.1mm</p> <p>STOCK TO LEAVE: 0.5mm</p> <p>MAXIMUM STEPDOWN: 5mm</p> <p>OPTIMAL LOAD: 15mm</p> <p>LOAD DEVIATION: 0.5mm</p>	<p>MAXIMUM SPINDLE SPEED: 6064rpm</p> <p>MAXIMUM FEEDRATE: 3198.594mm/min</p> <p>CUTTING DISTANCE: 43387.43mm</p> <p>RAPID DISTANCE: 15040.07mm</p> <p>ESTIMATED CYCLE TIME: 16m:34s (18.2%)</p> <p>COOLANT: Flood</p>	<p>T7 D7 L7</p> <p>TYPE: flat end mill</p> <p>DIAMETER: 16mm</p> <p>LENGTH: 47mm</p> <p>FLUTES: 3</p> <p>DESCRIPTION: 16mm Flat Endmill</p>	
<p>Operation 9/9</p> <p>DESCRIPTION: 2D Adaptive2</p> <p>STRATEGY: Adaptive 2D</p> <p>WCS: #0</p> <p>TOLERANCE: 0.1mm</p> <p>STOCK TO LEAVE: 0.5mm</p> <p>MAXIMUM STEPDOWN: 5mm</p> <p>OPTIMAL LOAD: 6.4mm</p> <p>LOAD DEVIATION: 0.64mm</p>	<p>MAXIMUM SPINDLE SPEED: 6064rpm</p> <p>MAXIMUM FEEDRATE: 3198.594mm/min</p> <p>CUTTING DISTANCE: 72720.22mm</p> <p>RAPID DISTANCE: 32957.96mm</p> <p>ESTIMATED CYCLE TIME: 29m:20s (32.2%)</p> <p>COOLANT: Flood</p>	<p>T7 D7 L7</p> <p>TYPE: flat end mill</p> <p>DIAMETER: 16mm</p> <p>LENGTH: 47mm</p> <p>FLUTES: 3</p> <p>DESCRIPTION: 16mm Flat Endmill</p>	

<p>%</p> <p>O01001</p> <p>(Using high feed G1 F650. instead of G0.)</p> <p>(Machine)</p> <p>(vendor: DMG-Mori Seiki)</p> <p>(model DMU Evolution 70)</p> <p>(T1 D=50. CR=0. - face mill)</p> <p>(T2 D=12. CR=0. - flat end mill)</p> <p>(T3 D=70. CR=0.1 - slot mill)</p> <p>(T4 D=6. CR=0. - flat end mill)</p> <p>N10 G90 G94 G17</p> <p>N15 G21</p> <p>N20 G53 G0 Z0.</p> <p>(Face1)</p> <p>N25 T1 M6</p> <p>N30 S4970 M3</p> <p>N35 G54</p> <p>N40 G53 G0 X-736.6 Y-203.2</p> <p>N45 G0 B0. C0.</p> <p>N50 M83</p> <p>N55 G187 P1</p> <p>N60 G1 X-150.113 Y-220.595 F650.</p> <p>N65 G0 G43 Z58. H1</p> <p>N70 T2</p> <p>N75 G0 Z48.</p> <p>N80 G1 Z41. F975.</p> <p>N85 G19 G3 Y-217.595 Z38. J3. K0.</p> <p>N90 G1 Y-191.5</p> <p>N95 Y228.5</p> <p>N100 G17 G2 X-108.201 I20.956 J0.</p> <p>N105 G1 Y-191.5</p> <p>N110 G3 X-66.288 I20.956 J0.</p> <p>N115 G1 Y228.5</p> <p>N120 G2 X-24.376 I20.956 J0.</p> <p>N125 G1 Y-191.5</p> <p>N130 G3 X17.537 I20.956 J0.</p> <p>N135 G1 Y228.5</p> <p>N140 G2 X59.449 I20.956 J0.</p> <p>N145 G1 Y-191.5</p> <p>N150 G3 X101.362 I20.956 J0.</p> <p>N155 G1 Y228.5</p> <p>N160 G2 X143.274 I20.956 J0.</p> <p>N165 G1 Y-191.5</p> <p>N170 G19 G2 Y-194.5 Z41. J0. K3.</p> <p>N175 G0 Z58.</p>	<p>(2D Contour1)</p> <p>N180 M1</p> <p>N185 T2 M6</p> <p>N190 S7799 M3</p> <p>N195 G54</p> <p>N200 G0 B0. C0.</p> <p>N205 M83</p> <p>N210 G187 P3</p> <p>N215 G17</p> <p>N220 G1 X114.3 Y-186.5 F650.</p> <p>N225 G0 G43 Z58. H2</p> <p>N230 T3</p> <p>N235 G0 Z43.</p> <p>N240 G1 X-0.001 Z33. F3202.56</p> <p>N245 X-137.501</p> <p>N250 G2 X-162.501 Y-161.5 I0. J25.</p> <p>N255 G1 Y198.5</p> <p>N260 G2 X-137.501 Y223.5 I25. J0.</p> <p>N265 G1 X137.499</p> <p>N270 G2 X162.499 Y198.5 I0. J-25.</p> <p>N275 G1 Y-161.5</p> <p>N280 G2 X137.499 Y-186.5 I-25. J0.</p> <p>N285 G1 X-0.001</p> <p>N290 X-2.001</p> <p>N295 X-137.501 Z28.252</p> <p>N300 G2 X-144.61 Y-185.468 Z28. I0. J25.</p> <p>N305 X-162.501 Y-161.5 I7.109 J23.968</p> <p>N310 G1 Y198.5</p> <p>N315 G2 X-137.501 Y223.5 I25. J0.</p> <p>N320 G1 X137.499</p> <p>N325 G2 X162.499 Y198.5 I0. J-25.</p> <p>N330 G1 Y-161.5</p> <p>N335 G2 X137.499 Y-186.5 I-25. J0.</p> <p>N340 G1 X-2.001</p> <p>N345 X-137.501</p> <p>N350 G2 X-146.502 Y-184.823 I0. J25.</p> <p>N355 X-162.501 Y-161.5 Z26.946 I9.001 J23.323</p> <p>N360 G1 Y-48.854 Z23.</p> <p>N365 Y198.5</p> <p>N370 G2 X-137.501 Y223.5 I25. J0.</p> <p>N375 G1 X137.499</p>	<p>N380 G2 X162.499 Y198.5 I0. J-25.</p> <p>N385 G1 Y-161.5</p> <p>N390 G2 X137.499 Y-186.5 I-25. J0.</p> <p>N395 G1 X-137.501</p> <p>N400 G2 X-162.501 Y-161.5 I0. J25.</p> <p>N405 G1 Y-48.854</p> <p>N410 Y-46.854</p> <p>N415 Y95.854 Z18.</p> <p>N420 Y198.5</p> <p>N425 G2 X-137.501 Y223.5 I25. J0.</p> <p>N430 G1 X137.499</p> <p>N435 G2 X162.499 Y198.5 I0. J-25.</p> <p>N440 G1 Y-161.5</p> <p>N445 G2</p> <p>X137.499 Y-186.5 I-25. J0.</p> <p>N450 G1 X-137.501</p> <p>N455 G2 X-162.501 Y-161.5 I0. J25.</p> <p>N460 G1 Y95.854</p> <p>N465 Y97.854</p> <p>N470 Y198.5 Z14.473</p> <p>N475 G2 X-137.501 Y223.5 Z13.097 I25. J0.</p> <p>N480 G1 X-134.709 Z13.</p> <p>N485 X137.499</p> <p>N490 G2 X162.499 Y198.5 I0. J-25.</p> <p>N495 G1 Y-161.5</p> <p>N500 G2 X137.499 Y-186.5 I-25. J0.</p> <p>N505 G1 X-137.501</p> <p>N510 G2 X-162.501 Y-161.5 I0. J25.</p> <p>N515 G1 Y97.854</p> <p>N520 Y198.5</p> <p>N525 G2 X-137.501 Y223.5 I25. J0.</p> <p>N530 G1 X-134.709</p> <p>N535 X-132.709</p>
---	---	---

Рисунок 3.15 – Фрагмент керуючої програми обробки корпусу

Випробування на радіозахищеність

3.4.1 Стенд для випробувань.

Для виконання лабораторної роботи із визначення ефективності екранування корпусу, використаємо стенд на базі безехової екранованої камери GTEM Cell TESEQ GTEM 750 та аналізатора спектрів і сигналів R&S FPS 13 (рис. 3.16)

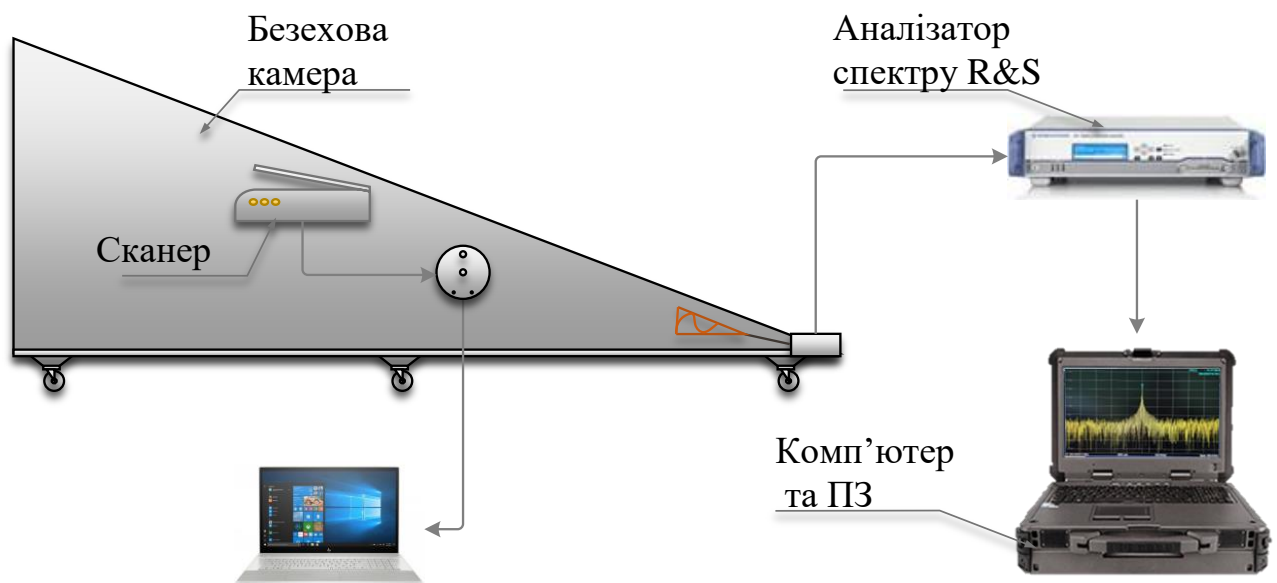


Рисунок 3.16 Схема стенду для випробувань

3.4.2 Результати вимірювань пристрою без екранування

За розробленою методикою випробувань, було зроблено ряд дослідів, результатом яких стала інформація щодо незахищеного пристрою, а саме, діапазон на якому розташовані небезпечні сигнали, їх потужність та частота. На (рис. 3.17) зображений робочий діапазон сканера та сигнали, які він випромінює. Змінивши видимий діапазон, можна детальніше розглянути структуру сигналу USB, що є одним із найнебезпечніших (рис. 3.18).

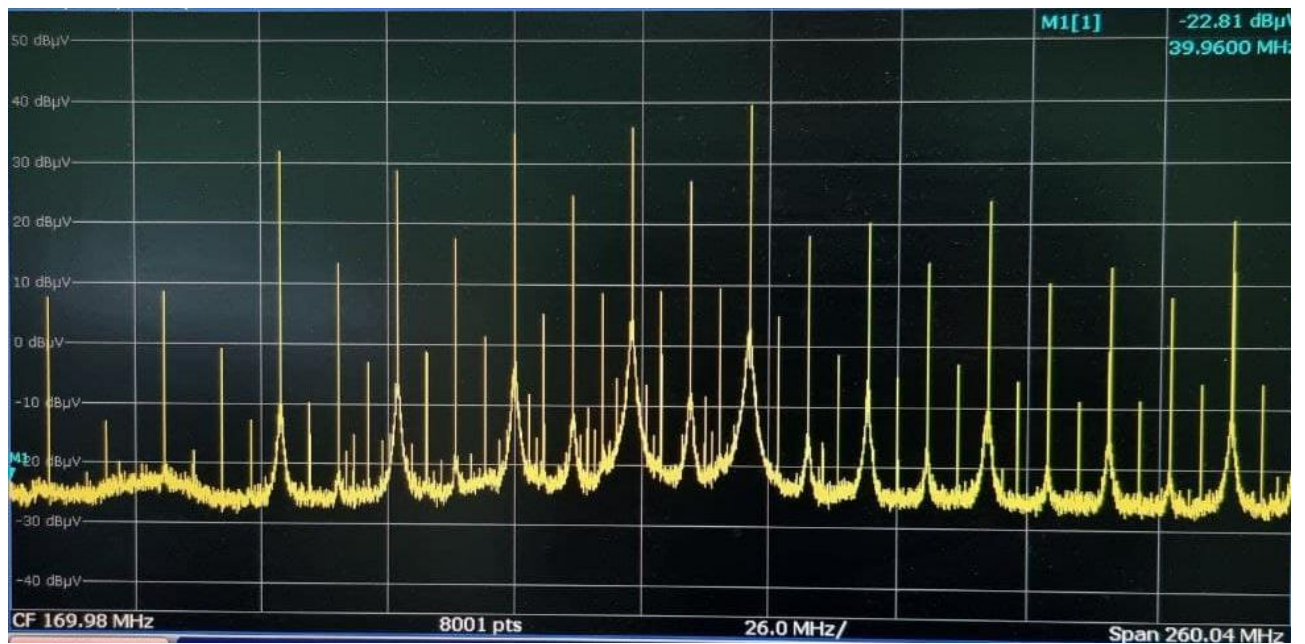


Рисунок 3.17 Рівень сигналів сканера

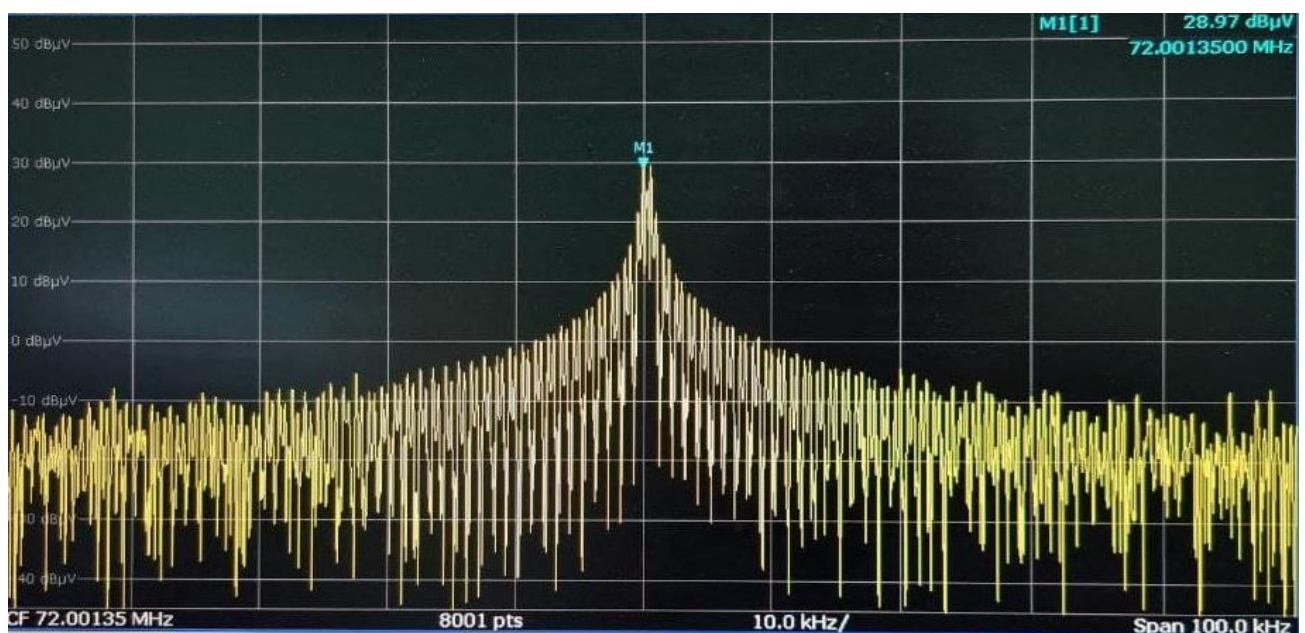


Рисунок 3.18 Рівень сигналу USB до екранування

Як можна побачити із рисунку, потужність сигналу на частоті 72 MHz, складає майже 29 dBμV. При обмеженнях в -10 dBμV. Отже, корпус повинен забезпечити екранування 40 dBμV.

Після зборки сканера у екранованому корпусі, повторюємо дослідження. Для наочності результатів, випробування відбуватимуться у тому ж діапазоні частот (рис. 3.19).

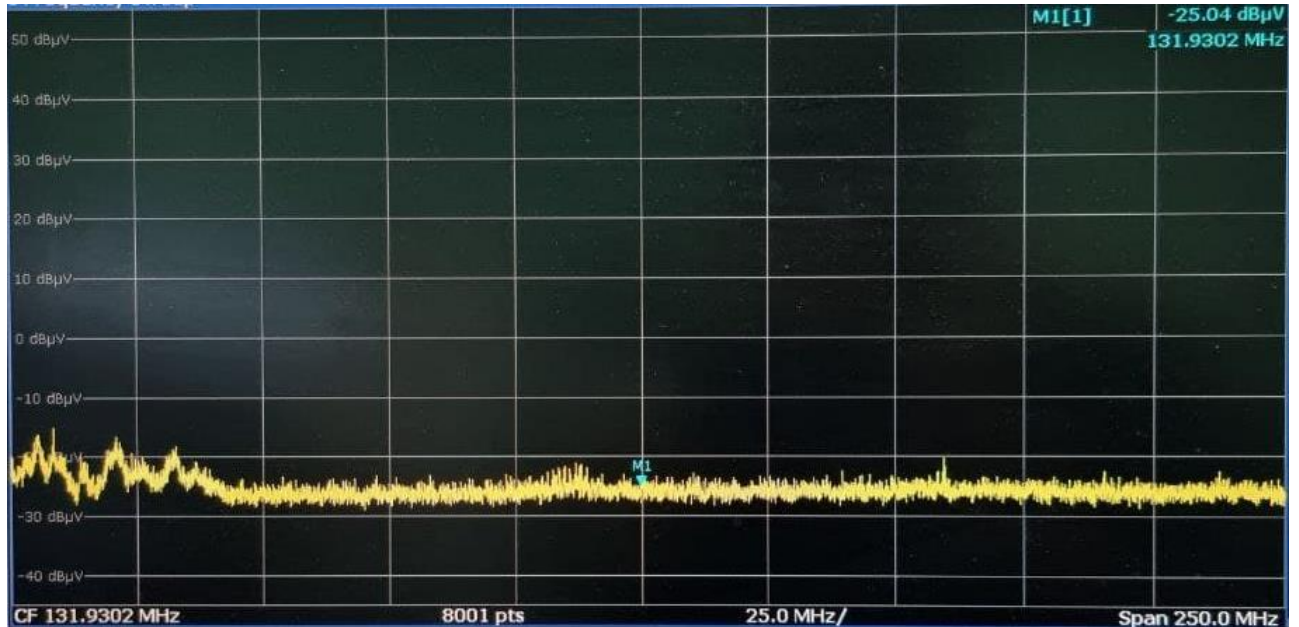


Рисунок 3.19 Рівень сигналу сканера

Як помітно із рисунку, загальна потужність сигналів була знижена майже на 48 dBμV, що свідчить про ефективність екранування корпусу. Проте, нас цікавлять саме ті сигнали, що являють собою небезпеку. Виділивши той самий сигнал USB, можна переконатись у тому, що його потужність знизилась до рівня загальної доріжки (рис. 3.20).

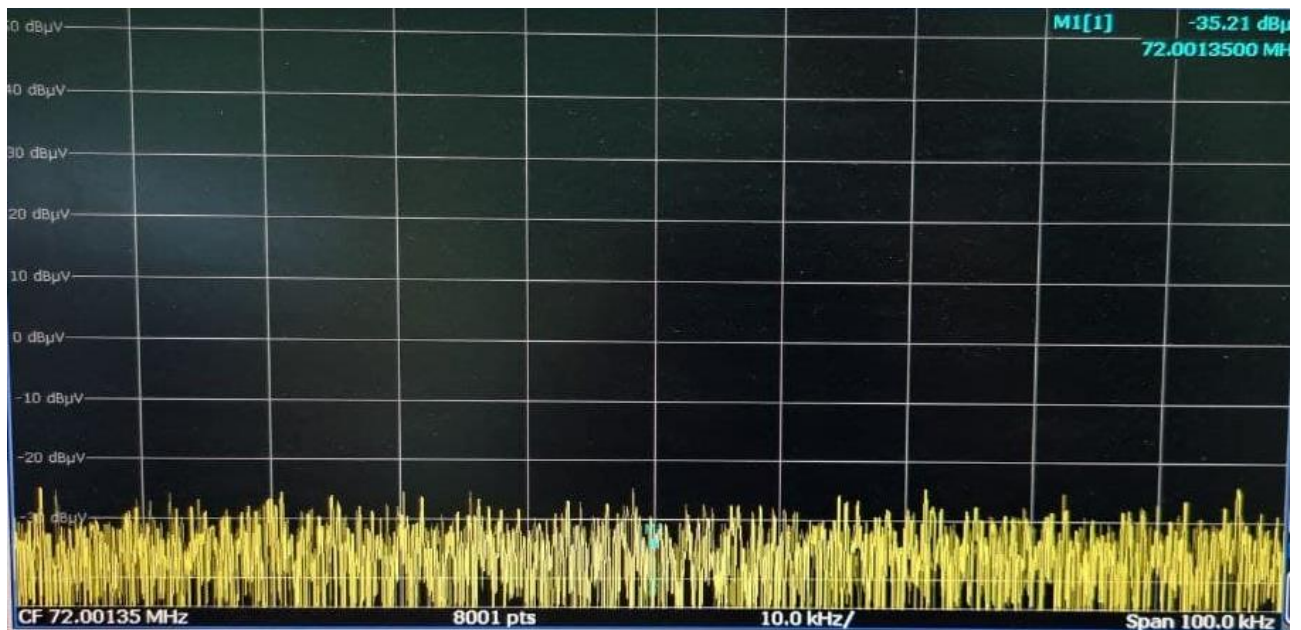


Рисунок 3.20 Рівень сигналу USB після екранування

Висновки і рекомендації

Основою технології виготовлення виробу є оброблювальний центр DMU Evolution 70. Результатом цього розділу є розроблена технологія виготовлення корпусу, кришки та ланки механізму, а також розроблена керуюча програма для обробки деталей на верстаті із ЧПК, одна з яких показана у роботі. В результаті отримали багато інформації, завдяки якій ми знаємо, що повний цикл обробки на верстаті для корпусу триватиме понад 3 години.

Для досягнення кращих економічних показників, серійності та простоти технології виготовлення, проєкт необхідно адаптувати для лиття під тиском. Це дозволить скоротити технологічний процес та значно спростить конструкцію, що в свою чергу, зменшить масу. За результатами випробувань, конструкція та всі її елементи мають достатній запас міцності.

В решті отримали корпус, методи та технологія виготовлення якого були розроблені самостійно (рис. 3.21) та із застосуванням сучасного обладнання та із використанням трендів сучасного дизайну (рис. 3.22).

Наведені результати дають підстави стверджувати, що завдання, поставлені компанією-замовником та завдання дипломної роботи виконані.

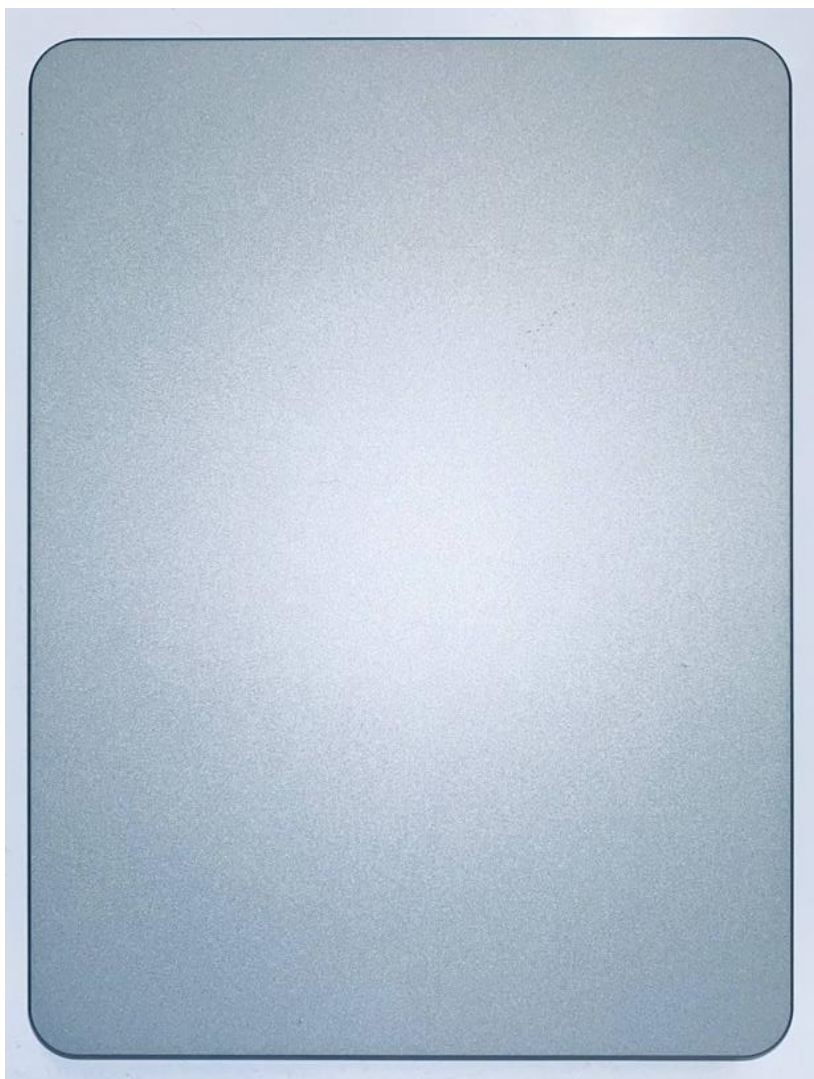


Рисунок 3.21 Корпус - вигляд зверху



а)

б)

Рисунок 3.22 Дизайн сканера – а) кут корпусу, б) ручка відкривання кришки

На (рис. 3.23) та (рис. 3.24) зображений механізм, встановлений у корпус. На фото видно найбільший кут відкривання кришки. Також досить детально можна роздивитись ланки, підшипники та ролики.



Рисунок 3.23 Корпус у відкритому положенні



Рисунок 3.24 Механізм, встановлений у корпусі

На (рис. 3.25) показаний метод ущільнення кришки, який ми застосували при розробці сканера високої степені захищеності.

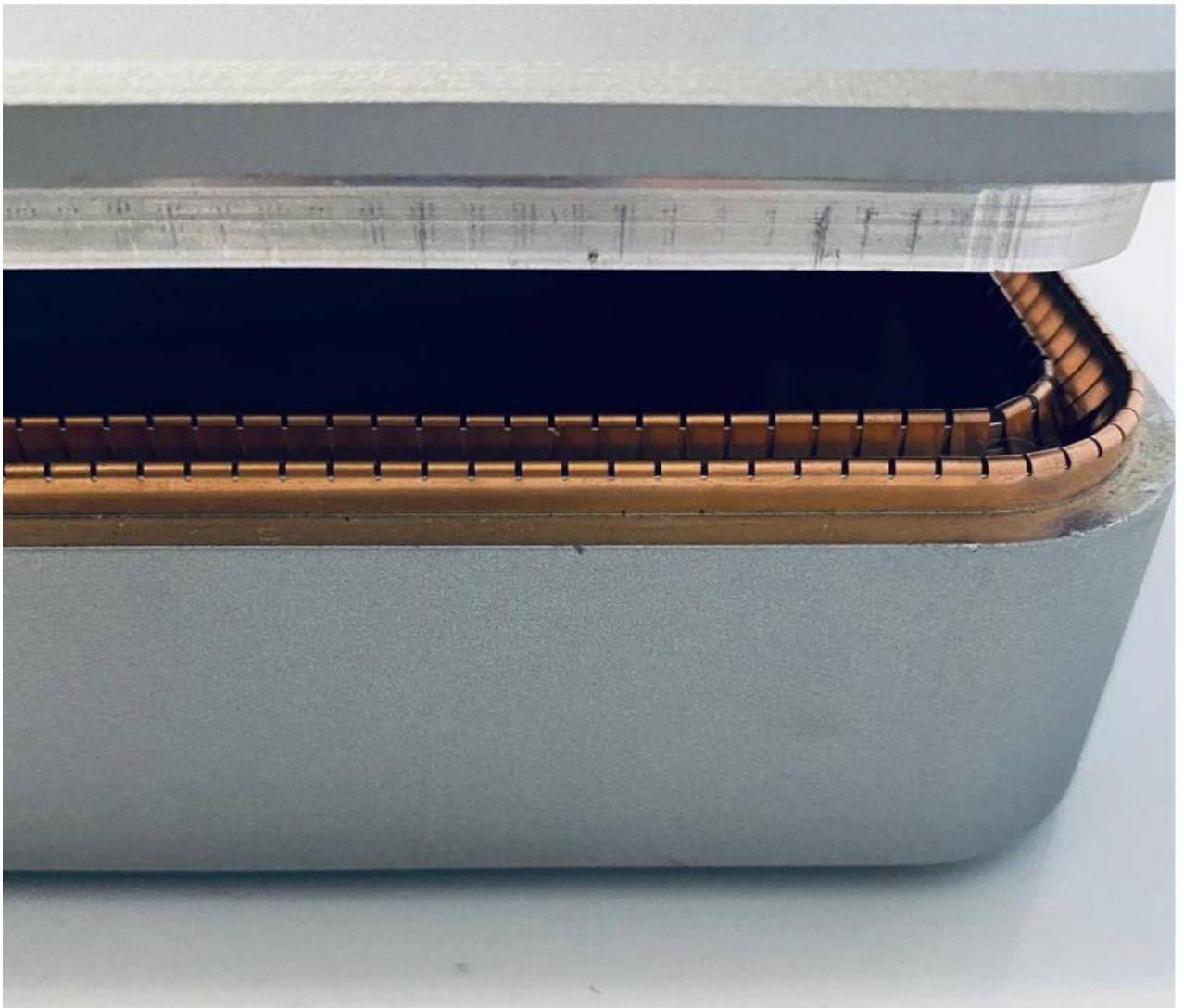


Рисунок 3.25 Пружинний ущільнювач кришки

4. РОЗРОБЛЕННЯ STARTUP-ПРОЕКТУ ТА ЙОГО МАРКЕТИНГОВИЙ АНАЛІЗ

Під стартапом як формою малого підприємництва, прийнято розуміти новітній проект, що займається розробленням нових товарів та послуг. З появою Інтернету знаходити інвесторів та потенційних споживачів для розвитку стартап-проекту стало легше. Тож, головна мета – перетворити ідею проекту у працюючу бізнес-модель. Для цього необхідно сформулювати концепцію товару, визначити групи можливих клієнтів, та у наявних ринкових умовах розглянути напрямки реалізації стартап-проекту.

4.1 Опис ідеї проекту

В умовах сучасного ринку відсканувати документ або фотографію можна навіть і без класичного сканера. Існує безліч інструментів та варіантів від різних платформ. Задля отримання цифрової копії документа, буде достатньо мати у кишені сучасний мобільний телефон. Модернізовані мобільні камери яких мають достатній функціонал для якісного сканування документа.

Та от чи буде така скан-копія захищена? Точно ні. Мобільні пристрої й інші гаджети з відкритим доступом до мережі, становлять загрозу для цифрової інформації. Спеціалізовані додатки – програми, що допомагають сканувати та редагувати отримані матеріали, та підтримують можливість експорту зображень зі сканерів і принтерів практично всіх відомих моделей, хоч і швидко оцифрують і збережуть файли в зручному для користувача форматі, у той самий час спровокують і легкість їх крадіжки.

Згідно зі статистичними даними американської компанії IdentityForce [24], у 2019-му жертвами крадіжок особистої цифрової документації стали майже 15 млн користувачів і загалом втратили понад \$1,9 млрд. За допомогою крадених даних злочинці отримують доступ до особистої інформації клієнтів, здійснюють від їх імені фінансові операції, шантажують своїх жертв, торгують

даними користувачів у тіньових мережах. Така невтішна статистика стосується окремих громадян. Поцупити ж інформацію великої корпорації – більш цікава для злодія мішень. Так документи державного значення чи невірно відсканована секретна інформація військового характеру під загрозою. Використання несертифікованих пристроїв може завдати не лише великих збитків, а й коштувати репутації. Також варто зазначити, що вартість надсучасного технологічного екранованого сканера значно менша за всі можливі фінансові втрати компанії, що може стати жертвою інформаційних шахраїв.

Таблиця 4.1. Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Екранований пристрій з високим рівнем захищеності, призначений для створення зображень певних об'єктів, завдяки процесу сканування.	Планшетний сканер шляхом обробки променів отримує цифрове зображення.	Якість зображення становить 4800x4800 dpi.
	Сканер спеціально екранований від побічних електромагнітних випромінювань. Під екрануванням розуміється розміщення елементів КС, що створюють електричні, магнітні та електромагнітні поля, в просторово замкнених конструкціях.	Захищеність відцифрованої отриманої інформації.
	Пристрій оснащений алюмінієвим корпусом та пружинними ущільнювачами.	Матеріал корпусу досить зносостійкий, захищає конструкцію від механічних ушкоджень. Рівень захищеності від вологи та пилу – IP65. Все це гарантує довготривале користування. Офіційний строк гарантійної служби пристрою – 5 років.

4.1.1 Аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї

Серед техніко-економічних властивостей планшетного сканера високої степені захищеності можна виділити п'ять основних: головна функція пристрою – сканування, його захищеність від побічних електромагнітних випромінювань, його компактні габарити, стійкість конструкції та ціна самого пристрою.

В якості конкурентів були розглянуті серійні сканери у екранованому виконанні, окремі екрановані камери та готові екрановані корпуси. Порівняльний аналіз їх показників є підґрунтям до визначеності конкурентоспроможності нашого виробу. Наш проект має ряд сильних сторін та один нейтральний показник.

Таблиця 4.2. Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик

№ п/ п	Техніко- економічні характерис- тики ідеї	Товари конкурентів				W	N	S
		Мій проект (Планшетн ий сканер високої ступені захищеност і)	Конкурент 1 (Екранована камера)	Конкурен т 2 (Сканери у екранован ому виконанні)	Конкурен т 3 (Готові корпуси)			
1.	Головна функція	Скануванн я, екрануванн я	Створення якогого сильнішого затухання побічних електромагн ітних хвиль	Скануван ня, екрануван ня	Екранува ння принтері в та сканерів, що поруч із потужни ми джерелам и випромін ення	-	+	-
2.	Захищеніст ь від	Пристрій спеціально	Повна ізоляція	Відсутня	Низька ефективн	-	-	+

	побічних електромагнітних випромінювань	екрановані від побічних електромагнітних випромінювань	електромагнітного поля ззовні та зсередини		ість екранування			
3.	Габаритність	400x315x44 мм. Компактність моделі	Ціла кімната будь-якої форми та розмірів	248,5x364x38,8 мм. Коомпактність моделі	Універсальний розмір корпусу для розміщення в ньому серійних принтерів та сканерів	-	-	+
4.	Конструкція та її стійкість	Матеріал корпусу досить зносостійкий, захищає конструкцію від механічних ушкоджень	Безехова камера, що являє собою замкнений електромагнітний екран, що зсередини покритий радіопоглинаючим матеріалом спеціальної форми	Серійний прилад екранується шляхом розміщення випромінюючої апаратури в струмопровідну тканину, а кожний його елемент загорнути у мідну фольгу	Гальванічне покриття корпусу, невисокий рівень ущільнення	-	-	+
5.	Ціна товару	Від \$1,5 тис	Від \$10 тис	Від \$3 тис	Від \$1 тис	-	-	+

4.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Проведення технологічного аудиту допоможе реалізувати безпосередньо саму ідею проекту та окреслити можливі технології створення товару. При виготовленні планшетного сканера високої степені захищеності головною задачею виступає забезпечення необхідного рівня екранування. Відповідні технології вже існують та доступні для реалізації. Крім того, зниження кількості дорогих деталей при виготовленні планшетного сканера та використання продукції вітчизняних виробників допоможуть і суттєво зменшити вартість пристрою. Головною проблемою залишається наявність функції сканування. Така технологія доступна, але потребує додаткового конструювання.

Таблиця 4.3. Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.	Виготовити планшетний сканер високої степені захищеності з головною функцією сканування	Розміщення серійного сканера у захисному корпусі	Наявна, є потребує конструювання	Доступна
2.	Забезпечити необхідний рівень екранування	Використання струмопровідних матеріалів при виготовленні корпусу, спеціальних екрануючих ущільнень та роз'ємів	Наявна	Доступна
3.	Зробити планшетний сканер захищеним від	Використання спеціальних матеріалів, форм елементів та	Наявна	Доступна

	механічних ушкоджень	розрахунок їх міцності МКЕ		
	Зробити планшетний сканер захищеним від пилу та вологи нарівні IP65	Застосування ущільнювачів	Наявна	Доступна
4.	Розробити гармонічний дизайн для офісу	Використання трендових форм	Наявна	Доступна
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: усі представлені технології доступні та наявні на ринку				

4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

В Україні, як і в усьому світі, кількість електронних пристроїв на підприємствах та в побуті лише зростає. Автоматизуються усі виробничі, комерційні, логістичні та державні процеси. Зростає і кількість інформації, що зберігається, записується та передається. Зі зростом популярності цифрових послуг та документів зростає і ризик втрати як персональної інформації, так і даним, що належать державі шляхом перехоплення чи в результаті атак на ПК і сервери. Тому в сучасних умовах гостріше стає питання захисту інформації від зовнішніх електромагнітних впливів. В даний час попит на екрановані сканери невисокий, в першу чергу через цінову політику вже існуючих аналогічних пристроїв. Та от ключовий фактор привабливості нашого стартап-проекту та його ідеї є саме низька, конкурентна вартість пристрою. А через зростаючу динаміку попиту на планшетні сканери високої степені захищеності, за попереднім оцінюванням, ринок є доволі привабливим для входження.

Таблиця 4.4. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку	Характеристика
1.	Кількість головних гравців, од	4-6
2.	Загальний обсяг продаж, USD	70 тис в рік (Україна)
3.	Динаміка ринку	Активно зростає
4.	Наявність обмежень для входу (ліцензійний)	Необхідне отримання ліцензії на отримання КСЗІ
5.	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Обов'язкове проходження державних випробувань
6.	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	6-8

4.3.1 Потенційні клієнти

Потенційними групами клієнтів є приватні або юридичні особи, що зацікавлені в збереженні секретності власної інформації, так і цілі підприємства, державні структури, які збирають персональні дані про своїх користувачів, також органи військового управління, військові організації та спецпідрозділи, що мають справу з передачею секретних матеріалів.

Таблиця 4.5. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1.	Сканування	Приватні або юридичні особи	Прискіпливість до технічних показників, пошук більш зрозумілих відомих аналогів	Якість, гарантія, дешевизна, компактність пристрою, зрозумілий функціонал та інтерфейс
2.	Захищеність від побічних	Особи та підприємств	Вузькоспрямованість потреби	Збереження конфіденційнос

	електромагнітних випромінювань	а, державні структури, військові організації, що зацікавлені в збереженні секретності інформації		ті, захищеність відцифрованої інформації, компактні габарити, якість корпусу та інших матеріалів, гарантія на пристрій та його окремі частини
3.	Захищеність від механічних ушкоджень, пилу та води	Приватні або юридичні особи, державні структури, військові організації	Різність у сприйнятті економічних показників як ефективних	

4.3.2 Аналіз ринкового середовища

Аналізуючи інформацію про потенційні групи клієнтів, визначаємо фактори, що перешкоджають ринковому впровадженню продукту. Найчастішими загрозами цих факторів є потреба у фінансуванні, якісному обслуговуванні та виконанні головних функцій. На щастя, конкуренція серед зростаючого ринку виробників та постачальників незначна.

Новий товар краще реалізувати на окремих сегментах ринку. Варто також популяризувати пристрій шляхом розширення економічних горизонтів. Приміром вихід на міжнародний ринок дасть проекту отримати необхідні темпи продажів [29]. Правильно підібрані та описані фактори можливостей нададуть здатності впливати на конкурентів та навіть диктувати їм нові умови співпраці [26].

Таблиця 4.6. Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
-------	--------	---------------	--------------------------

1.	Відсутність необхідного матеріалу для виготовлення виробу та відсутність моделей сканера у наявності	Унеможливило вчасну здачу готового виробу замовнику	Замовлення аналогічних матеріалів та комплектуючих
3.	Технічна несправність цілого пристрою або його окремих частин	Постійний ремонт за гарантією призведе до неминучих фінансових втрат	Вдосконалення корпусу та окремих деталей, можливо використання інших матеріалів
4.	Дизайн пристрою та його зовнішній вигляд	Візуальне не вподобання	Повторний детальний аналіз вподобань клієнтів, додаткова рекламна кампанія, визначення нової стратегії просування

Таблиця 4.7. Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1.	Вихід на міжнародний ринок	Можливість реалізації планшетного сканера високої степені захищеності для закордонних клієнтів	Отримання сертифікатів відповідного міжнародного зразка, збільшення виробництва
2.	Пізнаваність на вітчизняному ринку	Набуття популярності в Україні, висока частота замовлень для організацій та компаній на території нашої країни	Збільшення виробничих потужностей, доопрацювання вже існуючого модельного ряду, можливість реалізації індивідуальних замовлень

4.3.3 Аналіз пропозиції

Правильне виявлення основних конкурентів та проведений ціновий і збутовий аналізи ринку конкурентів показали, що питання захисту від зовнішніх електромагнітних впливів і досі залишається відкритим. Вже існуюча на ринку реалізація перешкод для електронних пристроїв не завжди

відповідає нормальному забезпеченню захисту. Під ударом економічні, військові структури. Наприклад, дані з банківської мережі.

Загальні риси конкуренції в даній галузі: внутрішня міжнаціональна чиста монополія [25]. Це дає можливість розвиватися та удосконалювати пристрій минаючи зовнішні перешкоди.

Таблиця 4.8. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Тип конкуренції	Монополія. Проявляється у невеликій кількості виробників	Висока якість та унікальність пристрою дозволить задовольнити всіх потенційних покупців в межах цього ринку і навіть ототожнити підприємство з цілою галуззю
2. За рівнем конкурентної боротьби	Міжнаціональна	Підготовка потужної бази для виходу на міжнародний ринок та покращення маркетингової кампаній
3. За галузевою ознакою	Внутрішньогалузева	Вдосконалення зовнішніх параметрів
4. Конкуренція за видами товарів	Товарно–родова. Конкуренція між виробниками, що випускають товари–замінники, що задовольняють однакові потреби і виконують схожі функції	Закріплення планшетного сканера високої степені захищеності на ринку як впевненої марки для покупців
5. За характером конкурентних переваг	Цінова	Оптимізації конструкції та її окремих частин допоможе зменшити загальну фінальну вартість
6. За інтенсивністю	Не марочна	Відсутня

4.3.4 Аналіз умов конкуренції в галузі

Після аналізу конкуренції варто провести більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі. Загалом маємо не надто інтенсивну конкурентну боротьбу. Клієнти диктують умови якості виготовлення продукту, його ціну, зручність у користуванні та габаритність.

Таблиця 4.9. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари–замінники
Складові аналізу	- GTEM Cell TESEQ -Holland Shielding Systems BV - Siltec	невеликий об'єм виробництва; обов'язкові державні випробування; відсутність стимулювання бюджету; ліцензування;	гарантія якості продукту; змінні витрати постачальників; значення розміру поставок;	вартість; гарантія; якість виробу та його функціонал;	збільшення вартості
Висновки:	конкурент на боротьба за клієнта неінтенсивна, велика кількість відмінностей та унікальних технічних показників	присутні великі можливості входу на ринок навіть з рядом потенційних конкурентів	постачальники часто диктують умови роботи на ринку та ціну	клієнти також диктують умови роботи на ринку та дизайн виробу	недостатня зацікавленість товаром та відсутність обізнаності клієнтів

4.3.5 Перелік факторів конкурентоспроможності

Таблиця 4.10. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування
	Ефективність	Пристрій виконуючи функцію сканування захищає отриману інформацію від витоку по каналу побічних електромагнітних випромінень, та оформлений у компактному захищеному від механічних пошкоджень корпусі
	Унікальність	Відсутність повноцінних аналогів на ринку
	Вартість	Порівняно низька вартість комплекту

4.3.6 Аналіз сильних та слабких сторін

Таблиця 4.11. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товару-конкурента у порівнянні з (Holland Shielding Systems BV)						
			-3	-2	-1	0	1	2	3
1	Ефективність	6				+	+	+	+
2	Ергономічність	4			+	+		+	+
3	Вартість	5				+		+	+

Завдяки універсальному методу на фінальному етапі визначаємо слабкі та сильні сторони проекту та визначаємо його можливості впровадження на ринок. Для цього складаємо SWOT-аналізу.

4.3.7 SWOT-аналіз стартап-проекту

Таблиця 4.12. SWOT-аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: -рівень захищеності -вартість -швидкість виготовлення -зручність у використанні	Слабкі сторони: -прив'язка до певного набору певних елементів -вузька сфера застосування -складності при серійному виробництві
---	---

Можливості: -застосування корпусу для інших задач -сертифікація за класифікацією TEMPEST -вихід на міжнародний ринок	Загрози: -не вподобання дизайну -відсутність спеціалістів, що забезпечують сервісну підтримку закордоном
--	---

4.3.8 Альтернативи ринкової поведінки

На основі SWOT-аналізу можна зробити висновок: для старту проекту бажано обрати монополію як альтернативну ринкову поведінку.

Таблиця 4.13. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1.	Монополія	Реальні можливості максимізувати прибуток	Короткі

4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

4.4.1. Визначення стратегії та охоплення ринку

Таблиця 4.14. Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1.	Державні та комерційні установи	Повна готовність	Нині спостерігається зростаюча тенденція	Кількість конкурентів залишається стабільна	Важко, але реально
2.	Військові та цивільні структури	Повна готовність	Нині спостерігається зростаюча тенденція	Кількість конкурентів залишається стабільна	Важко, але реально

3.	Приватні особи	Недостатня готовність	Недостатній рівень зацікавленості	Кількість конкурентів залишається стабільна	Важко, потрібна додаткова реклама
Які цільові групи обрано: Державні та комерційні установи, військові структури					

4.4.2 Формування базової стратегії розвитку

Базовою стратегією розвитку була обрана індивідуалізація.

Таблиця 4.15. Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1.	Створення конкурентної переваги завдяки унікальним властивостям і технічним характеристикам, що відсутні у конкурентів	Індивідуалізація виробу для того, щоб він відрізнявся від прямих конкурентів	Збільшення універсальності продукту та зменшення ціни	Стратегія індивідуалізації

4.4.3. Вибір стратегії конкурентної поведінки

Таблиця 4.16. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару	Стратегія конкурентної поведінки
-------	--	--	--	----------------------------------

		існуючих у конкурентів?	конкурента, і які?	
1.	Проект не є «першопрохідцем» на ринку	Буде забирати існуючих споживачів та розширювати список потенційних клієнтів, збільшуючи тим самим кількість нових споживачів	Проведення лише аналізу конкурентів	Стратегія лідера

4.4.4 Стратегія позиціонування

Таблиця 4.17. Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проект	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту
1.	Ефективність	Стратегія індивідуалізації	Співвідношення використаних технологій до рівня виконання вимог технічного завдання	Універсальність
2.	Ергономічність	Стратегія індивідуалізації	Параметр, що вказує на рівень зручності використання виробу відносно його серійного аналогу	Зручність, якість
3.	Ціна	Стратегія індивідуалізації	Порівняно низька вартість запропонованого товару	Доступність

4.5 Висновки

Розроблення стартап-проекту та його маркетинговий аналіз показав ринкові можливості та подальше використання результатів даної роботи.

Доцільно продовжувати розробку та виготовлення сканера високої степені захищеності.

Ринок конкурентів дозволяє успішно реалізувати проект, існує наявний попит на його виготовлення та впровадження на ринок. А з помітною динамікою розвитку проекту та розширенням потенційних груп клієнтів, є можливість подальшої реалізації проекту.

5. ВИСНОВКИ ПРОЕКТУ

В результаті розвитку проекту було проаналізовано проблему та методи її вирішення світовими компаніями. Було визначено напрямки подальшої роботи, розрахунків та досліджень. Визначено конструкцію та компоновку виробу та спроектовано окремі її елементи і вузли. Для проектування корпусу і кришки було проаналізовано ергономічні вимоги, світові тренди у дизайні офісної та військової техніки. Проектування механізму відкривання та закривання було здійснено базуючись на аналітичних та геометричних розрахунках, а також на розрахунках на міцність окремих його елементів. Було розроблено комплекс уцільнень для досягнення необхідних параметрів захисту від пилу, вологи та електромагнітних випромінень. Розроблено конструкторську документацію (Дод. – Б, Дод. – В). Розроблено технологію виготовлення окремих елементів виробу. Розроблена керуюча програма для обробки елементів виробу на верстаті із ЧПК. Були проведені розрахунки на міцність корпусу при декількох потенційно-можливих ситуаціях та отримали результати, з яких можна зробити висновок, що виріб має великий запас міцності та надійності. Дослідження у безлуновій камері показали, що корпус виконує задачу по захисту від витoku по каналу побічних електромагнітних випромінень та наводок із великою ефективністю та відсканованій інформації нічого не загрожує. Проведені стратегічні, економічні та маркетингові дослідження, що підтверджують доцільність створення виробу та показують ефективність його використання замість існуючих аналогів. Усі поставлені задачі були виконані. Виріб було виготовлено у кількості 15 штук, перевірено

на заявлені характеристики та передано замовнику. Наразі виготовляється 20 таких виробів та йде підготовка до серійного виготовлення, застосовуючи метод лиття під тиском. Мій безпосередній вклад у проект підтверджує документ, що розташований у Додатку – А. За темою моєї дисертації була підготовлена доповідь та опорна презентація (Дод. - Г).

6. СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Чеховський С.А., Вопросы построения компьютеров, защищенных от утечки информации по каналам электромагнитного излучения // Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні, вип. 5, 2002 р. – с. 194-198
2. А.С. Шалумов, О.Е. Куліков, Электромагнитная совместимость РЭС (АСОНИКА-ЭМС). Расчет эффективности экранирования электрического и магнитного поля: веб-сайт URL: https://asonika-online.ru/uploads/images/Raschet_effektivnosti_ekranirovaniya_ASONIKA_EMS.pdf (дата звернення: 20.08.2021)
3. Кечиев Л.Н., Степанов П.В. ЭМС и информационная безопасность в системах телекоммуникаций. Издательский дом «Технологии». М. 2005. с.220.
4. M. G. Kuhn, "Optical time-domain eavesdropping risks of CRT displays," Proceedings 2002 IEEE Symposium on Security and Privacy, 2002, pp. 11-12, doi: 10.1109/SECPRI.2002.1004358.
5. Екрануючі ламельні ущільнювачі: веб-сайт URL: <https://hollandshielding.com/Clip-on-mounting-fingerstrip-series> (дата звернення: 1.09.2021)
6. ГОСТ 30373-95/ ГОСТ Р 50414-92 Совместимость технических средств электромагнитная. Оборудование для испытаний. Камеры экранированные. Классы, основные параметры, технические требования и методы испытаний.
7. Электромагнитная совместимость. Материалы и компоненты. ОАО «ТЕХНО»: веб-сайт URL: <http://www.techno.ru/> (дата звернення: 10.09.2021)
8. Wim van Eck: Electromagnetic Radiation from Video Display Units: An Eavesdropping Risk? Computers & Security 4 (1985) 269-286

9. Екрануючі корпуси для плат: веб-сайт URL: <https://hollandshielding.com/Shielded-PCB-housing> (дата звернення: 20.08.2021)
10. Peter Smulders, The threat of information theft by reception of electromagnetic radiation from RS-232 cables, Computers & Security, Volume 9, Issue 1, 1990, Pages 53-58, ISSN 0167-4048 ([https://doi.org/10.1016/0167-4048\(90\)90157-O](https://doi.org/10.1016/0167-4048(90)90157-O))
11. Винников В. В. Электромагнитная совместимость и конструирование экранов : навч. посіб. / ред.: М. Ю. Комарова, И. И. Садчикова. Санкт-Петербург : СЗТУ, 2006. 164 с.
12. С. Чеховский. Концепция построения компьютеров, защищенных от утечки информации по каналам электромагнитного излучения. Международная научно-практическая конференция Безопасность информации в информационно-телекоммуникационных системах. Тезисы докладов. Издательство Інтерлінк, Киев 2002г, стр.80.
13. С.Р. Коженевский, Г.Т. Солдатенко. Предотвращение утечки информации по техническим каналам в персональных компьютерах. Научно-технический журнал Захист інформації 2002, №2, стр.32-37.
14. В.В. Овсянников, Г.Т. Солдатенко. Нужны ли нам защищенные компьютеры? Научно - методическое издание Техника специального назначения, 2001, №1, стр. 9-11.
15. ГОСТ РВ 20.39.304-98. Видання. Комплексная система общих технических требований. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Требования стойкости к внешним воздействующим факторам. Чинний від 10.08.95. Видання: ИПК Издательство стандартов, 1999. 68 с.
16. Артоболевский И. И. Теория механизмов и машин: Учеб. для вузов. — 4-е изд., перераб. и доп. -М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. -640 с. ISBN 5-02-013810-X

17. GBS TEMPEST & Service GmbH: Emission-security certified by BSI CERBERUS scanner TA-BS29 complying with SDIP 27 Level A: веб-сайт URL: <https://www.gbs-tempest.de/en/products.php> (дата звернення: 14.08.2021)
18. TEMPEST PRODUCT OVERVIEW: colour inkjet printer SIL720-OED7000: веб-сайт URL: <https://wikileaks.org/spyfiles/docs/SILTEC-TempProdOver-en.pdf> (дата звернення: 2.09.2021)
19. Витік інформації: корисна інформація: веб-сайт URL: <https://irsural.ru/poleznaya-informaciya/utechka-informacii/> (дата звернення: 2.09.2021)
20. Без'язичний В.Ф. Розрахунок режимів різання. Навчальний посібник./ Авер'янов І.Н., Кордюков А.В. 2009 - 184 с.
21. Безехові камери: типи, функції: веб-сайт URL: <https://acoustic-master.com.ua/services/bezjehovye-kamery/> (дата звернення: 2.09.2021)
22. Стандартні екрануючі ущільнення: веб-сайт URL: <https://hollandshielding.com/Standard-Shield> (дата звернення: 1.09.2021)
23. Екрануючі кліпси-ущільнювачі: веб-сайт URL: <https://hollandshielding.com/Clip-on-gasket> (дата звернення: 1.09.2021)
24. Identity force: statistics: веб-сайт URL: <https://www.identityforce.com/blog/identity-theft-odds-identity-theft-statistics#:~:text=In%202019%2C%2014.4%20million%20consumers,experienced%20it%20more%20than%20once> (дата звернення: 30.09.2021)
25. Бондаренко І.В., Дубницький В.І. Сучасний маркетинг (у схемах, малюнках, таблицях, термінологічних поясненнях): Навчальний посібник. – Донецьк: ТОВ „Юго-Восток Лтд”, 2002. – 326 с.

26. Герасимчук В.Г. Маркетинг: теорія і практика: Навч. посібник. – К.: Вища шк., 1994. – 327 с. 3 Дурович А.П. Маркетинг в предпринимательской деятельности. – Мн.: НПЖ “Финансы, учет, аудит”, 1997. – 464 с.
27. Закон України „Про інноваційну діяльність”//Відомості Верховної Ради (ВВР). – 2002. – № 36. – С. 266.
28. Кардаш В.Я. Маркетингова товарна політика: Навч. посібник. – К.: КНЕУ, 1997. – 150 с.
29. Коноплицкий В.А., Филина А.И. Маркетинг, рынок, финансы: Терминологический справочник. – К.: Имэкс, 1992. – 184 с.
30. Промисловий маркетинг. Теорія та господарські ситуації: Підручник/Під ред. А.О.Старостіної. – К.: Іван Федоров, 1997. – 400 с.
31. Прауде В.Р., Білий О.Б. Маркетинг: Навч. посібник. – К.: Вища шк., 1994. – 256 с.
32. Сизоненко В.О. Сучасне підприємництво. - К.: Вікар., 1999.- 438 с.
33. Херберт Нойбауэр. Инновационная деятельность на малых и средних предприятиях//Проблемы теории и практики управления. – 2002. – № 3. – С. 62-67. Отримано 27.01
34. Негорючі радіопоглинаючі матеріали: веб-сайт URL: <https://hollandshielding.com/Nonflammable-high-power-handling-absorbers> (дата звернення: 1.09.2021)
35. Завгородний В. И. Комплексная защита информации в компьютерных системах / Виктор Иванович Завгородний. – Москва, 2001. – (Логос).
36. Захист інформації: засоби несанкціонованого зйому інформації та боротьба з ними: веб-сайт URL: <https://lavkababuin.com/kozlov-s-n-zaschita-informacii-ustroystva-nesankcionirovannogo-sbema-informacii-i-borbba-s-nimi->

794914/?utm_source=google&utm_campaign=smart-pla&utm_medium=cpc&gclid=Cj0KCQjwqKuKBhCxAARIsACf4XuHv0Ynq4LspmA98-k83nw5QAKsmzyEebws-T-g94iUVtrHbUW4Uoz0aAptXEALw_wcB (дата звернення: 2.09.2021)

37.Металобрабатывающее оборудование: Dmu 70 Evolution: веб-сайт
URL: <https://millturn.com.ua/dmu-70-evolution-3-08-20> (дата звернення: 5.10.2021)

ДОДАТКИ

ДОДАТОК – А



мережі та телекомунікації
Україна, 03151, м. Київ, вул. Народного Ополчення, 7, оф. 2
тел.: 044 594 2500, факс: 044 594 2501, e-mail: office@tritel.ua, http://www.tritel.ua

АКТ

про використання результатів магістерської дисертації
студента НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського», групи МІ-01мп
ЛОХМАНА Дениса Ігоровича
на тему: «Проектування, виготовлення й випробування планшетного сканера
високої степені захищеності»

13.12.2021

Київ

Тематика дипломного проекту визначена на замовлення компанії ТОВ «ТРИТЕЛ». Студент ЛОХМАН Денис виконав завдання – проаналізував проблему захищеності сканерів, розробив технологію виготовлення та у взаємодії з фахівцями компанії виготовив захищений корпус, кришку з механізмом закривання й провів випробування на міцність та радіозахищеність.

За результатами та безпосередньої участі Дениса Лохмана виготовлено реальний дослідний зразок, що в подальшому буде виготовлятися серійно.

Заступник директора



Начальник проектно-конструкторського відділу

Ігор СЕНЧИЛО

Станіслав ЖИВАГО

№857

13.12.2021

ДОДАТОК – Б

АЛНА.303659.008СБ

Першине застосування

АЛНА.303659.008

Лобиковий №

Підп. і дата

Інд. № дубл.

Зам. інд. №

Підп. і дата

1

Місце нанесення
реєстраційного номеру
Виробу

1012шт./

18

Місце нанесення
найменування Виробу

1012шт./

SW1

512шт./

912шт./

612шт./

SW2

512шт./

912шт./

612шт./

400

41

435*

515

1514шт./

19

А (арк.2)

АЛНА.303659.008СБ

Захищений сканер ЗСК101
Складальний кресленник

Літера
0 01

Маса

Масштаб
1:2

Аркш. 1

Аркшів 2

ТОВ "Тригел"

Зач. Док. М'якош. Підпис Дата

Розроб. Лохман Д.І.

Перевір. Безуг В.М.

І.Контр. Жабко В.І.

Н.Контр. Жабко В.І.

Затверд. Жабко С.І.

1. *Розмір для додаток.

2. Маркування та позначення показані умовно.

3. Монтаж кабелів виконувати відповідно до таблиці (арк.2).

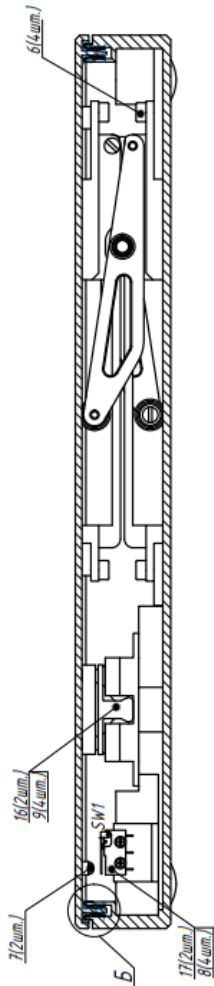
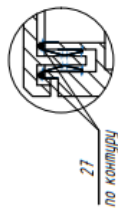
4. На контакти роз'єму Х1 (поз.18) одягнуті термозбіжну трубку поз.25.
Термозбіжну трубку одягати за допомогою термофену.

5. По контуру корпусу поз.1 одягнуті ущ. і льнявач поз.26 (арк.2, Вид Б).

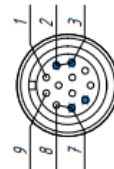
6. Інші технічні вимоги згідно з ОСТ4ГО.070.015.

115

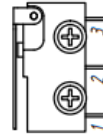
Bud A
(арк.1)


$$\frac{\text{Bud 5}}{(1:1)}$$


PO3'EM X1
(no3.19)



Мікроперемікачі SW1, SW2
(ноз.17)



Таблица

№	Збірка іде	Куди поступає	Кабель
1	SW1/1	X1/1	кабель поз.23
2	SW1/3	X1/3	кабель поз.24
3	SW2/1	X1/5	кабель поз.23
4	SW2/3	X1/3	кабель поз.24
5	X1/1	сканер, роз'єм Type C	дроти кабелю поз.26
6	X1/2-3	сканер, роз'єм Type C	дроти кабелю поз.26
7	X1/7-8	сканер, роз'єм Type C	дроти кабелю поз.26
8	X1/9	сканер, роз'єм Type C	дроти кабелю поз.26

[illegible]

ДОДАТОК – В

Первинне застосування	АЛНА.467757.001-02	Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітка
						<u>Документація</u>		
		A3			АЛНА.303659.008СБ	Складальний кресленик		
						<u>Складальні одиниці</u>		
		A4	1		АЛНА.301112.029	Корпус у зборі	1	КП-14193
Додатковий №						<u>Стандартні вироби</u>		
			5		Кутики: 2x2=4шт.	Болт М3х5 DIN 912	4	БЛ-14943
			6		Подъемные механизмы: 2x4=8шт.	Болт М5х8 DIN 912	8	БЛ-14955
			7		Над SW1-SW2: 1x2=2шт.	Гвинт М2,5х5 DIN 7985	2	ГВ-08544
			8		SW1-SW2: 2x2=4шт.	Гвинт М2,5х10 DIN 7985	4	ГВ-07057
			9		Защелка: 2x4=8шт.	Гвинт М6х12 DIN 7991	8	ГВ-14956
			10			Заклепка 3,2х12,5 закрита	4	ЗК-09535
						<u>Інші вироби</u>		
Підпис і дата			15			Відбійники силіконові прозорі (Д19.7мм, h3 мм), 16 шт.	4	ТЩ-14957
			16		K0583-70	Защелка двошарикова	2	ТЩ-14108
			17		SW1, SW2 (DB1CA1LB)	Перемикач SWITCH SNAP ACTION SPDT 5A 125V	2	ПР-09983
			18		X1 (HR10A-10WTR-12SB(73))	Роз'єм CIRCULAR PUSH PULL CONNECTORS REC 12POS FEM DIP	1	РМ-12579
			19		9623B010	Сканер SapoScan LIDE 220	1	ТЩ-13869 *)
Інв. № дубл.								
Зам. інв. №								
Підпис і дата								
Інв. № правдн.		Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<div>АЛНА.303659.008</div> <div>Захищений сканер ЗСК101</div> <div>Літера Аркуш Аркушів</div> <div>0 0, 1 2</div> <div>ТОВ "Тримел"</div>	
		Розробив	Лохман Д.І.					
		Перевірив	Бегун В.М.					
		Н. Контроль	Живаго В.І.					
		Затвердив	Живаго С.І.					

Дипломний
проект на тему:

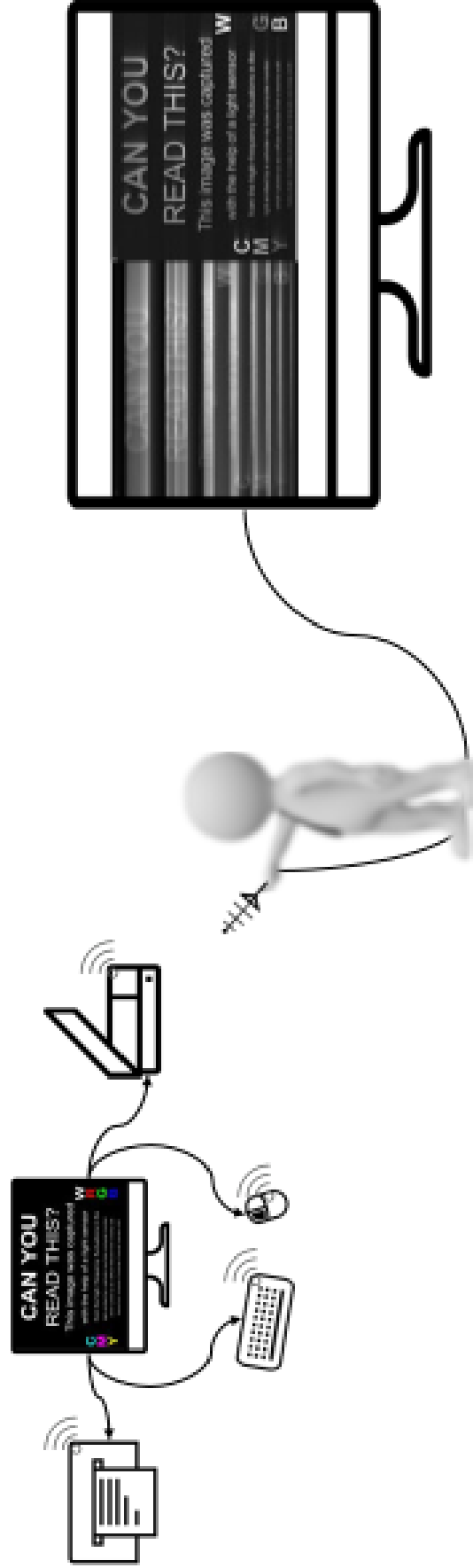
«ПРОЕКТУВАННЯ, ВИГОТОВЛЕННЯ Й
ВИПРОБУВАННЯ
ПЛАНШЕТНОГО СКАНЕРА ВИСОКОЇ
СТЕПЕНІ ЗАХИЩЕНОСТІ»



Студента ММІ
Групи МІ-01мп
Лохмана Дениса
Керівник: професор,
Д.Т.Н.,
Пасічник Віталій
Анатолійович

ПРОБЛЕМА

ПИТАННЯ РОЗРОБКИ СКАНЕРІВ ВИСОКОЇ СТЕПЕНІ
ЗАХИЩЕНОСТІ



МЕТА І ЗАДАЧІ ПРОЕКТУ

- ✱ **МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ** – Реалізація конструкторського забезпечення, розробка технології виробництва, виготовлення та випробування виробу на важливих для нього параметри.
- ✱ **ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ** – Аналіз проблеми та її природи. Розробка конструкції та розрахунок на міцність. Розробка конструкторської документації, опис технології виготовлення та створення керуючої програми для верстату із ЧПК.
- ✱ **ОБ’ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ** – процес проектування сканера високої ступені захищеності та його технологічне забезпечення.
- ✱ **ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ** – конструкція сканера із захистом від впливу вологи, пилу, механічного впливу, екранування від електромагнітних випромінень і технологія його виготовлення.

SLIDE 9

АНАЛІЗ РИНКУ КОНКУРЕНТІВ

В якості конкурентів були розглянуті серійні сканери у екранованому виконанні, екрановані камери та універсальні екрановані корпуси. Порівняльний аналіз їх показників є підґрунтям до визначення конкурентоспроможності виробу. Мій проєкт базується на зібраній інформації про конкурентів, аналізі нормативних документів та досвіді компаній – розробників. Це надаватиме йому ряд сильних сторін. Провівши порівняння та проаналізувавши параметри аналогів було вирішено йти шляхом синтезу усіх трьох .



**ЕКРАНОВАНА
КАМЕРА**



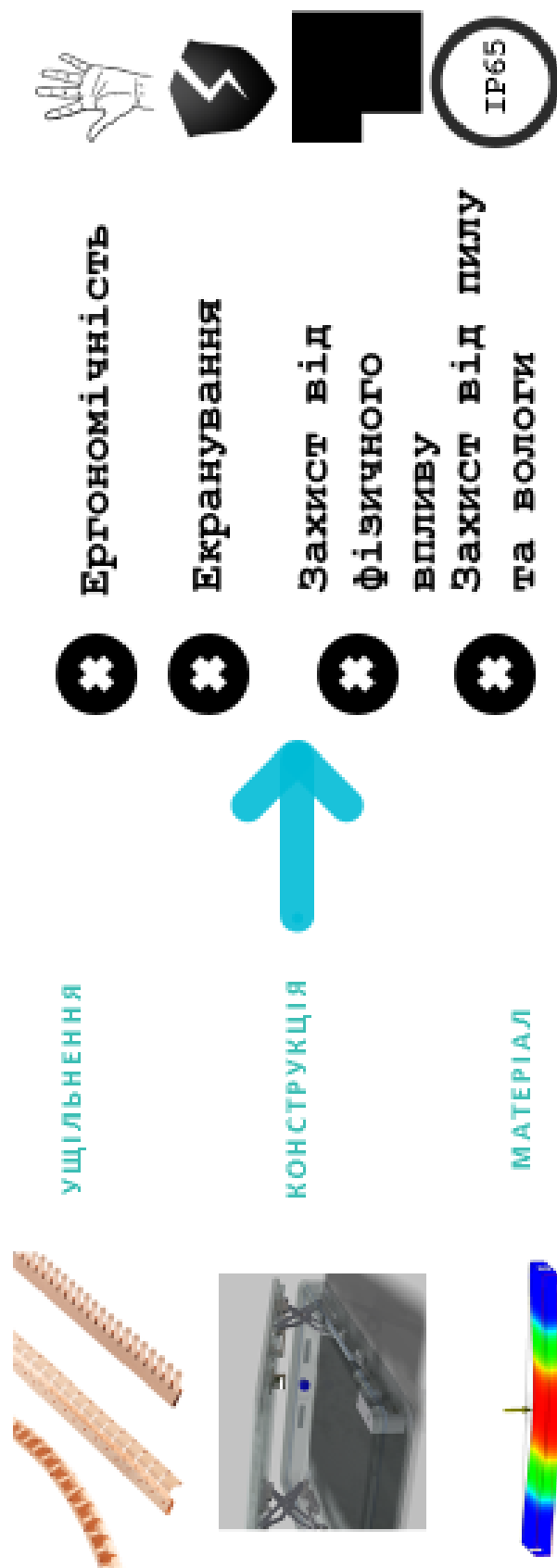
**СКАНЕРИ У
ЕКРАНОВАНОМУ
ВИКОНАННІ**



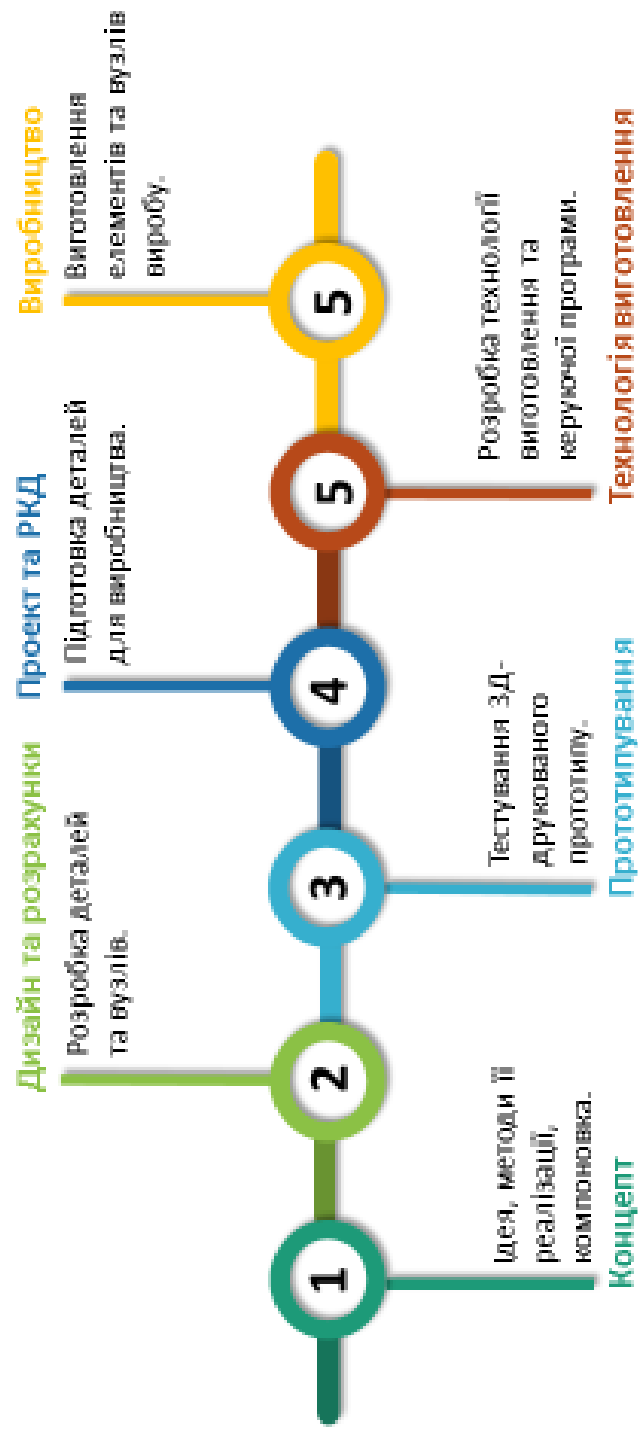
**УНІВЕРСАЛЬНІ
КОРПУСИ**

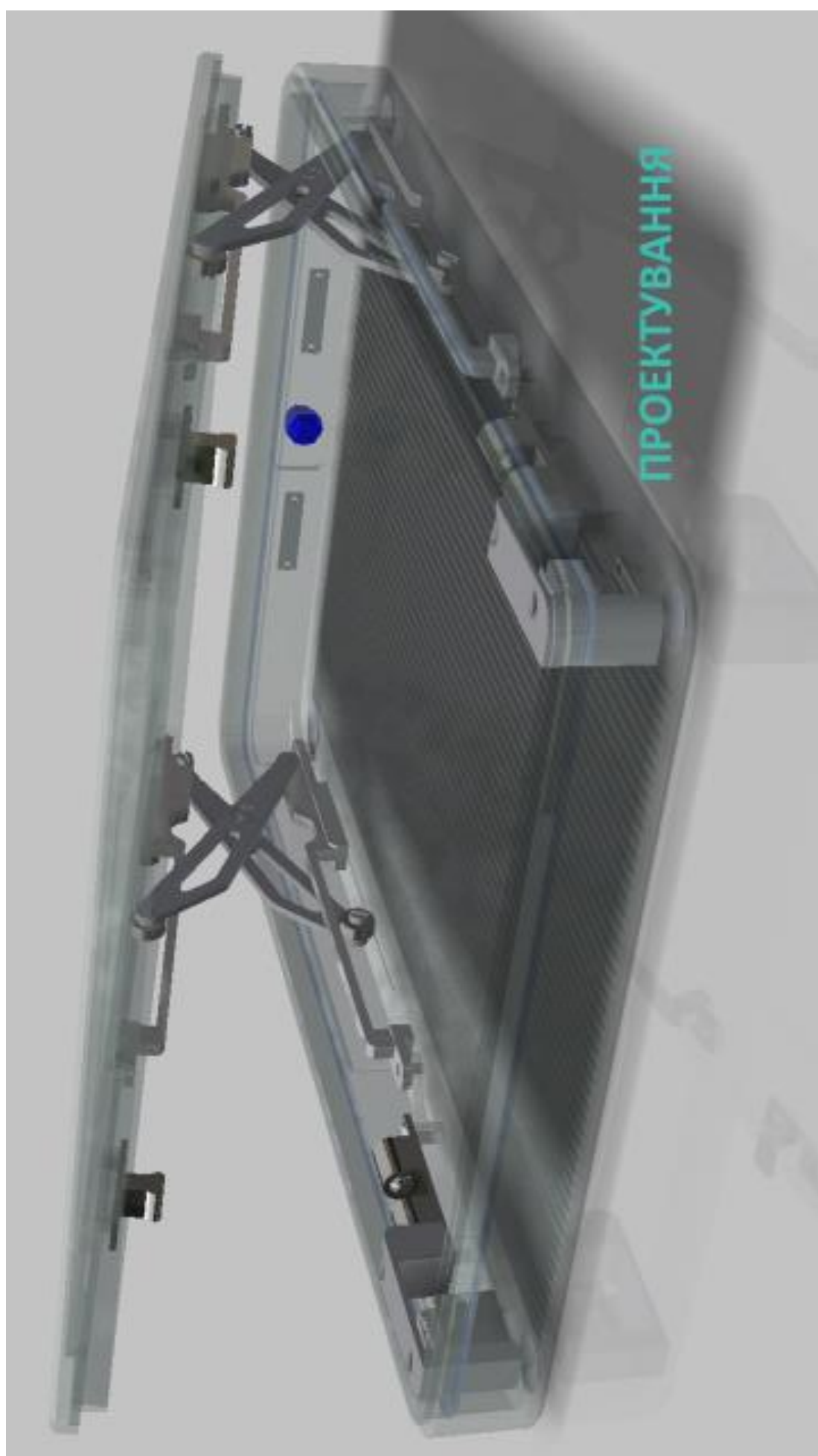


АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ

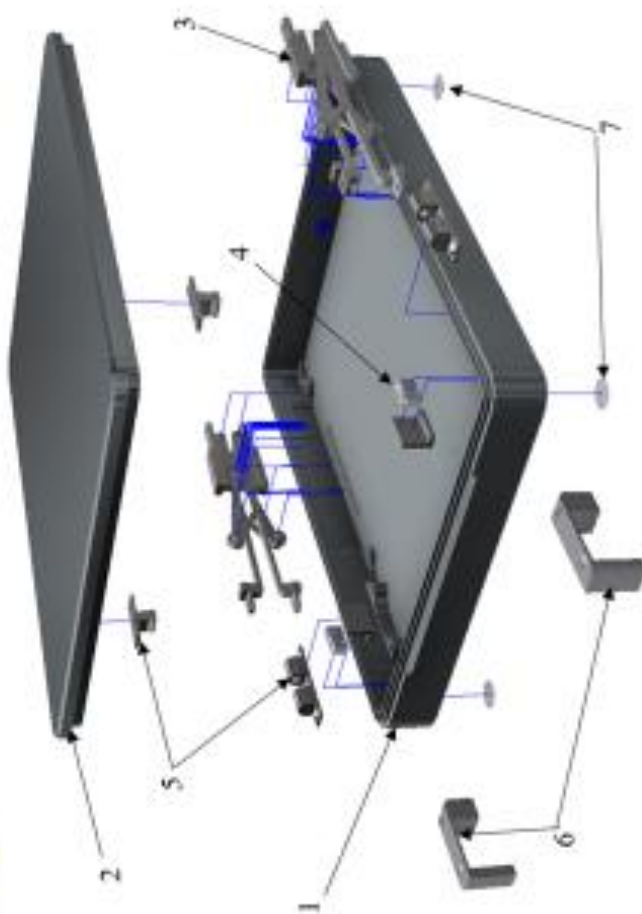


ЕТАПИ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЕКТУ





КОМПОНОВКА



1 – корпус, 2 – кришка, 3 – механізм відкривання, 4 – мікро-світлодіод,
5 – замок, 6 – декоративний елемент, 7 – ніжка

Нейтральний дизайн



Ножичний механізм відкривання кришки



Захист від пошкодження



Екранування до 130 Дб



Гальванічне покриття



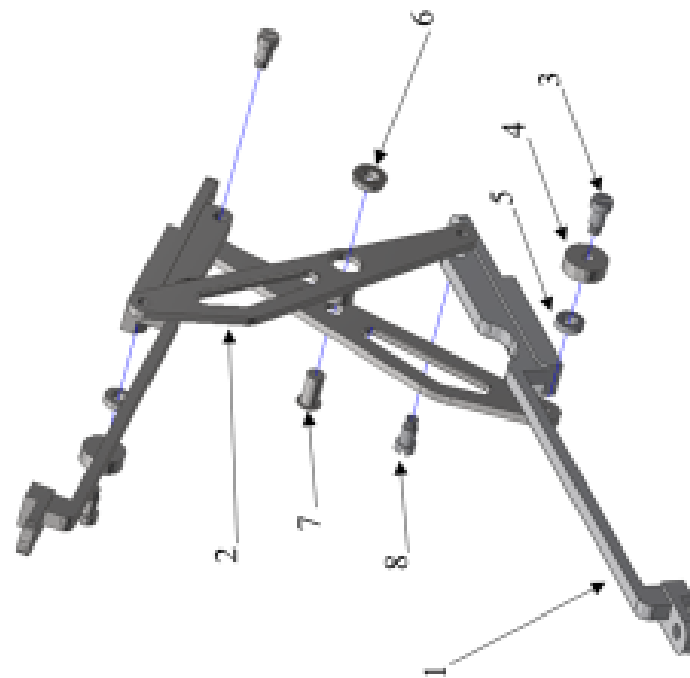
Замки для фіксації кришки у робочому стані



КОПИУС



МЕХАНІЗМ



1 – корпус, 2 – ланка, 3 – вісь, 4 – ролик, 5 – підшипник, 6 – підшипник, 7 – вісь

✗

Рухомі вісь обертання

✗

Кут відкривання - 40°

✗

Мала велику жорсткість

✗

Позвони виконані у вигляді ролика

✗

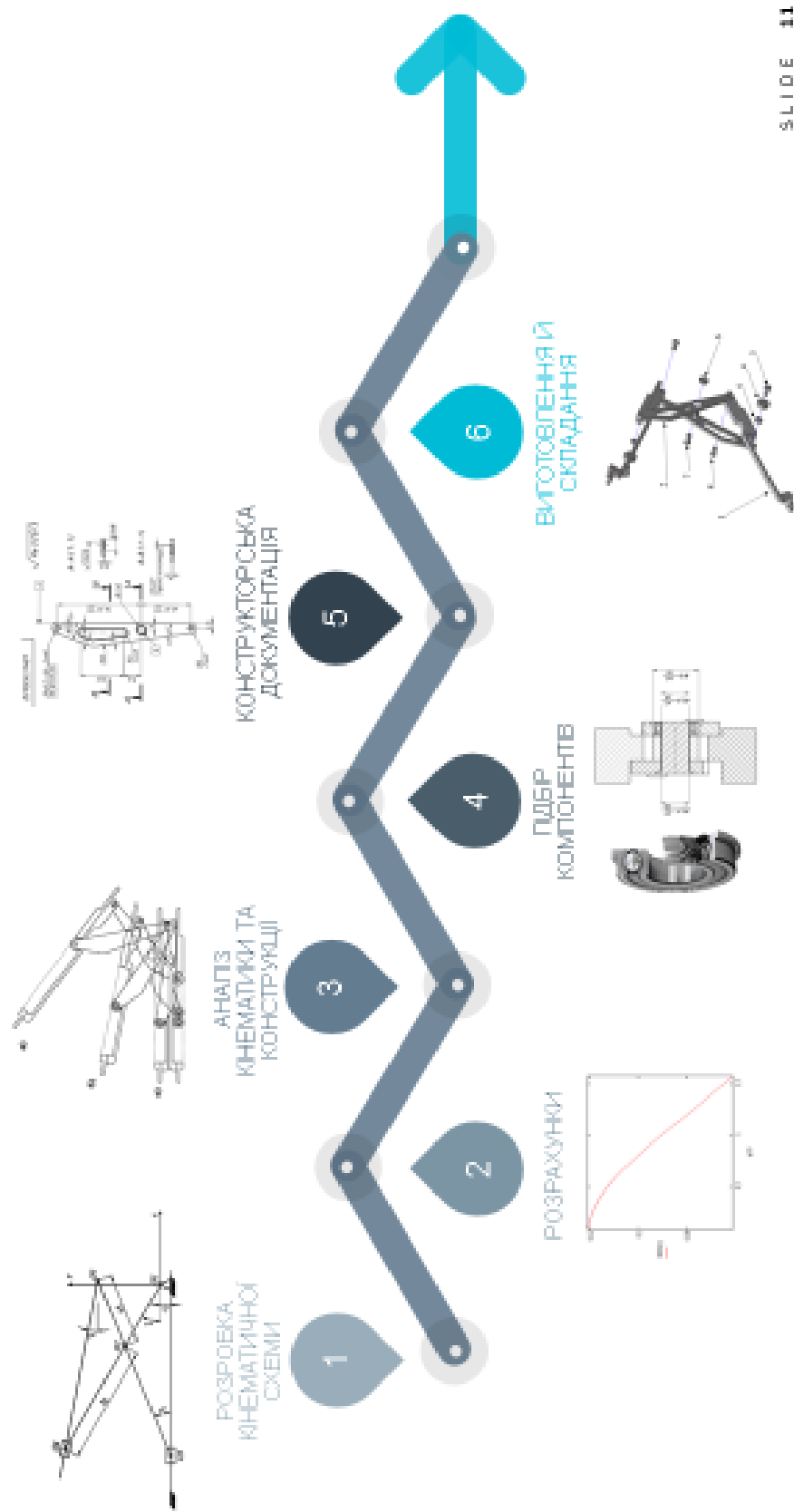
Невеликий габарит

✗

Відсутність тертя та шуму при роботі

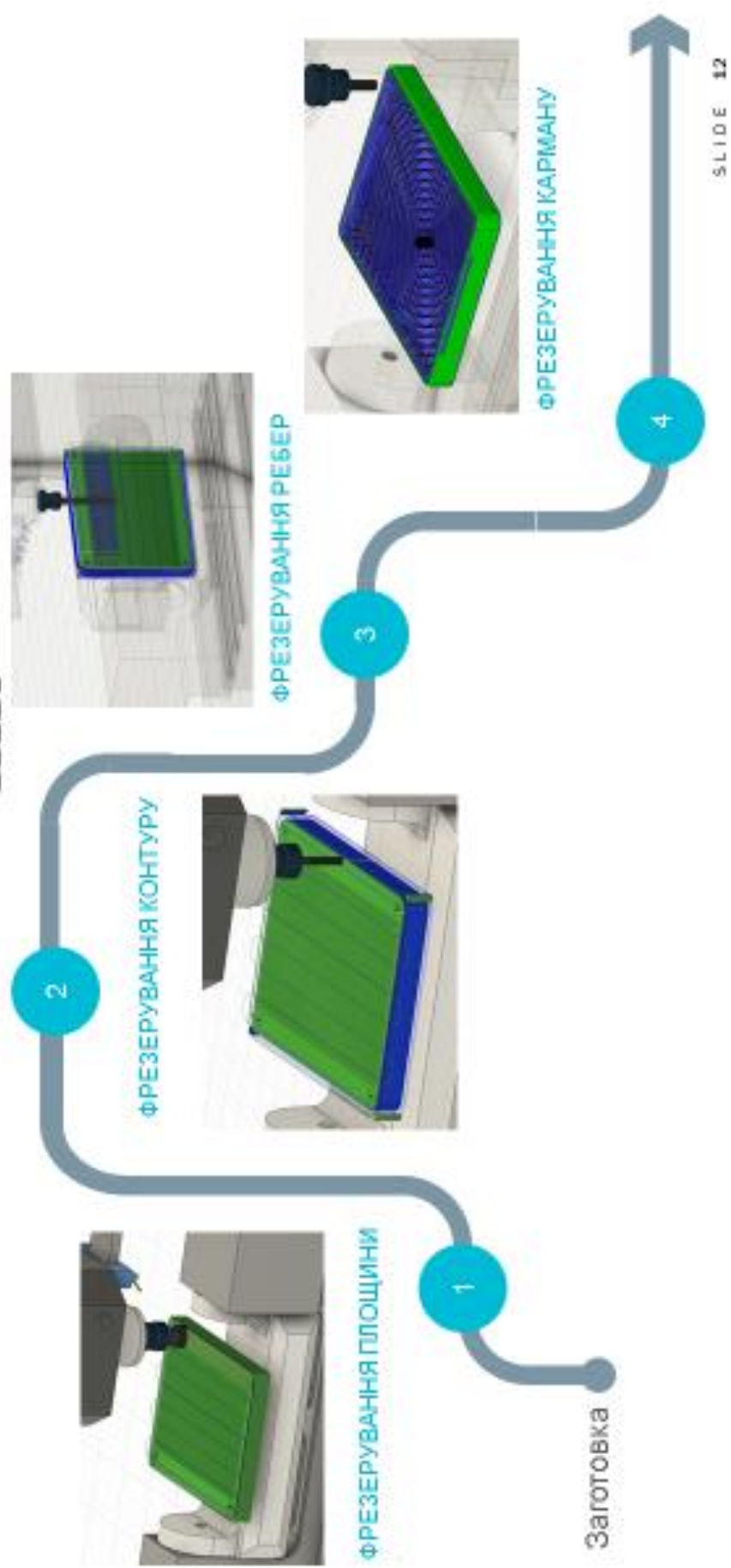
SLIDE 10

ЕТАПИ РОЗРОБКИ МЕХАНІЗМУ ВІДКРИВАННЯ КРИШКИ



SLIDE 11

ВИГОТОВЛЕННЯ НА ВЕРСТАТІ ІЗ ЧПК



ВИГОТОВЛЕННЯ НА ВЕРСТАТІ ІЗ ЧІП

5

ПЕРЕЛІК ІНСТРУМЕНТУ

Operations	
<p>Operation 101</p> <p>Drill/turn/ream/Thread</p> <p>Material: Cast Iron</p> <p>Tool: 1/2" Dia. Drill</p> <p>Feed: 0.010 in/rev</p> <p>Speed: 1000 RPM</p> <p>Material Removal: 0.010 in/rev</p>	<p>11-B1-L1</p> <p>Tool: 1/2" Dia. Drill</p> <p>Material: Cast Iron</p> <p>Feed: 0.010 in/rev</p> <p>Speed: 1000 RPM</p> <p>Material Removal: 0.010 in/rev</p>
<p>Operation 102</p> <p>Drill/turn/ream/Thread</p> <p>Material: Cast Iron</p> <p>Tool: 1/2" Dia. Drill</p> <p>Feed: 0.010 in/rev</p> <p>Speed: 1000 RPM</p> <p>Material Removal: 0.010 in/rev</p>	<p>11-B1-L2</p> <p>Tool: 1/2" Dia. Drill</p> <p>Material: Cast Iron</p> <p>Feed: 0.010 in/rev</p> <p>Speed: 1000 RPM</p> <p>Material Removal: 0.010 in/rev</p>
<p>Operation 103</p> <p>Drill/turn/ream/Thread</p> <p>Material: Cast Iron</p> <p>Tool: 1/2" Dia. Drill</p> <p>Feed: 0.010 in/rev</p> <p>Speed: 1000 RPM</p> <p>Material Removal: 0.010 in/rev</p>	<p>11-B1-L3</p> <p>Tool: 1/2" Dia. Drill</p> <p>Material: Cast Iron</p> <p>Feed: 0.010 in/rev</p> <p>Speed: 1000 RPM</p> <p>Material Removal: 0.010 in/rev</p>

6

КЕРУЮЧА ПРОГРАМА

%	CD-Comment	
000001	000001	000001
000002	000002	000002
000003	000003	000003
000004	000004	000004
000005	000005	000005
000006	000006	000006
000007	000007	000007
000008	000008	000008
000009	000009	000009
000010	000010	000010
000011	000011	000011
000012	000012	000012
000013	000013	000013
000014	000014	000014
000015	000015	000015
000016	000016	000016
000017	000017	000017
000018	000018	000018
000019	000019	000019
000020	000020	000020
000021	000021	000021
000022	000022	000022
000023	000023	000023
000024	000024	000024
000025	000025	000025
000026	000026	000026
000027	000027	000027
000028	000028	000028
000029	000029	000029
000030	000030	000030
000031	000031	000031
000032	000032	000032
000033	000033	000033
000034	000034	000034
000035	000035	000035
000036	000036	000036
000037	000037	000037
000038	000038	000038
000039	000039	000039
000040	000040	000040
000041	000041	000041
000042	000042	000042
000043	000043	000043
000044	000044	000044
000045	000045	000045
000046	000046	000046
000047	000047	000047
000048	000048	000048
000049	000049	000049
000050	000050	000050
000051	000051	000051
000052	000052	000052
000053	000053	000053
000054	000054	000054
000055	000055	000055
000056	000056	000056
000057	000057	000057
000058	000058	000058
000059	000059	000059
000060	000060	000060
000061	000061	000061
000062	000062	000062
000063	000063	000063
000064	000064	000064
000065	000065	000065
000066	000066	000066
000067	000067	000067
000068	000068	000068
000069	000069	000069
000070	000070	000070
000071	000071	000071
000072	000072	000072
000073	000073	000073
000074	000074	000074
000075	000075	000075
000076	000076	000076
000077	000077	000077
000078	000078	000078
000079	000079	000079
000080	000080	000080
000081	000081	000081
000082	000082	000082
000083	000083	000083
000084	000084	000084
000085	000085	000085
000086	000086	000086
000087	000087	000087
000088	000088	000088
000089	000089	000089
000090	000090	000090
000091	000091	000091
000092	000092	000092
000093	000093	000093
000094	000094	000094
000095	000095	000095
000096	000096	000096
000097	000097	000097
000098	000098	000098
000099	000099	000099
000100	000100	000100

ВИПРОБУВАННЯ



ВІБРАЦІЇ

Здатність зберігати
цільність при вібраціях



КЛІМАТ

Замість від пилу, вологості та
температури



МІЦНІСТЬ

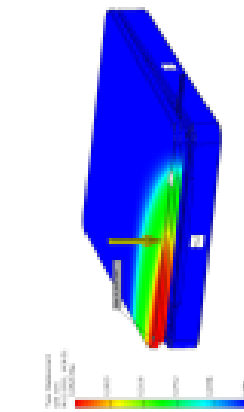
Замість від фізичних
пошкоджень



ЕКРАНУВАННЯ

Ефективність захисту від
електромагнітних хвиль

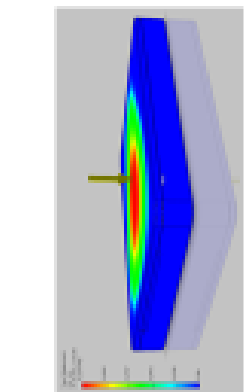
РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ



КРУЧЕННЯ КРИШКИ

Імітація перешкоди на поверхні контакту кришки та корпусу

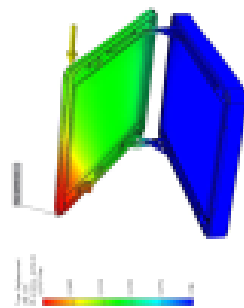
Напруження – 4 МПа
Деформації – 0,35 мм
Коефіцієнт запасу – 4...15



ПРОГІН

Імітація навантаження, що може пошкодити внутрішні елементи

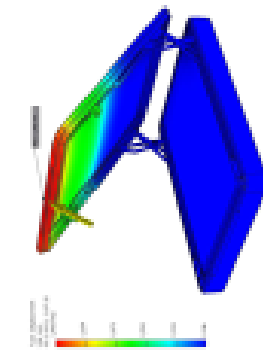
Напруження – 4 МПа
Деформації – 0,1 мм
Коефіцієнт запасу – 3...6



ЗДВИГ

Імітація випадкового тиску на кришку збоку

Напруження – 33 МПа
Деформації – 0,3 мм
Коефіцієнт запасу – 3...15



ВІДРИВ

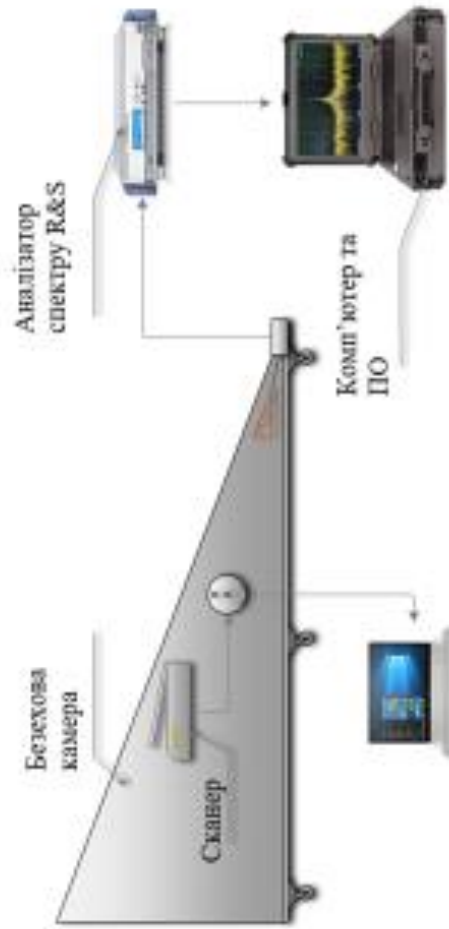
Імітація надмірного відхилення кришки

Напруження – 50 МПа
Деформації – 1,6 мм
Коефіцієнт запасу – 6...15

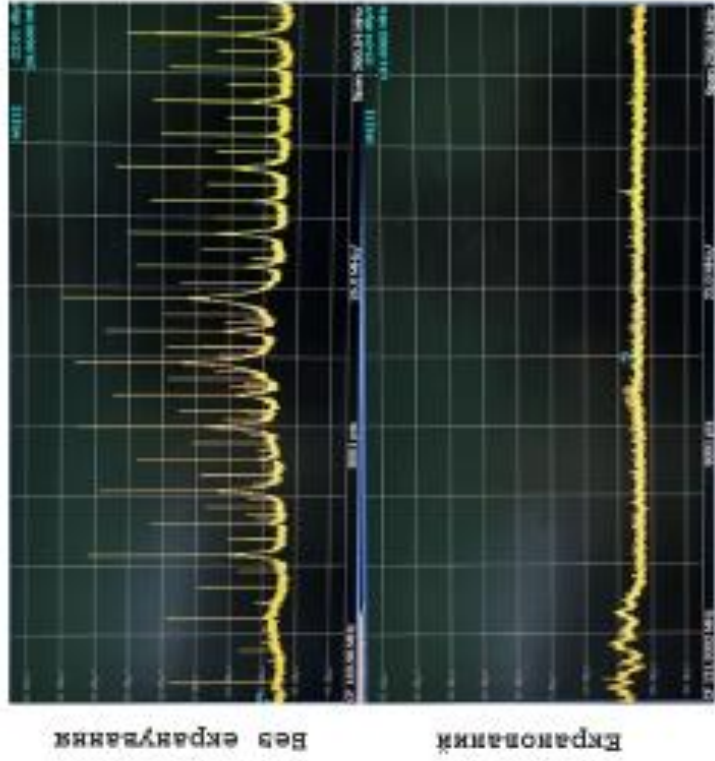


ВИПРОБУВАННЯ

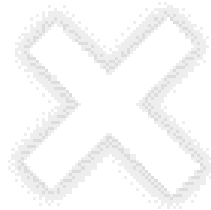
Стенд вимірювань



Результати вимірювань



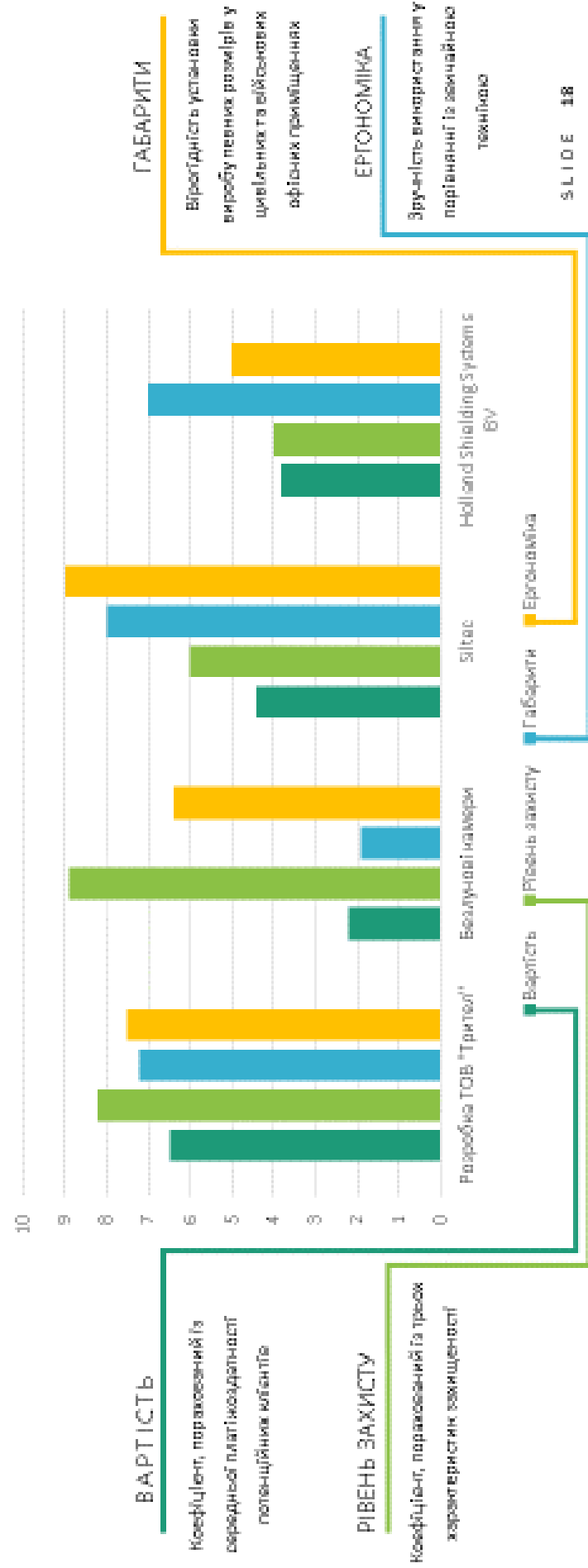
СТАТИСТИКА ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПРОЕКТУ



3	20	15	400
<p>ПРОТОТИПИ</p> <p>Знайдомось, щоб досягнути необхідного рівня спеціалізації властивостей</p>	<p>ГОТОВО</p> <p>Вироби перевірено та передано замовнику</p>	<p>ВИГОТОВЛЯЄТЬСЯ</p> <p>Отримано контракт на постачання захищених сканерів, сумісних із комплексом «Белгар»</p>	<p>ПОТРЕБА</p> <p>Попит на захищену галівніку державних та приватних компаній зростає</p>

МАРКЕТИНГОВИЙ АНАЛІЗ ТА СТРАТЕГІЯ

РОЗВИТКУ ПРОЕКТУ



SLIDE 18

Висновки



НАУКОВА НОВИЗНА ПРОЕКТУ– Вперше для захищеного виробу було розроблено та застосовано унікальний ножичний механізм із рухомою віссю обертання. Розроблено нетипову конструкцію корпусу і кришки.



ПРАКТИЧНА ЦІННІСТЬ ПРОЕКТУ– полягає у розробленні та реалізації першого проекту, що може стати основою для розробки захищених виробів із високими показниками екранування. Використання такого підходу дозволить уникнути використання більш дорогих та незручних методів захисту інформації від витоку по каналам побічних електромагнітних випромінень та наводок.

ВИСНОВКИ



Досліджено проблему, її природу та методи її вирішення.



Спроектовано корпусні деталі, механізм відкривання та допоміжні елементи виробу.



Розрахована кінематика механізму та параметри екрану.



Виконано розрахунок на міцність при потенційно можливих випадках навантажень та перевірено на клас захисту IP65 і ефективність екранування.



Розроблено технологію виготовлення деталей виробу та керуючу програму для ЧПК верстату.



Проведено маркетинговий аналіз та визначені напрямки подальшої роботи.



Виготовлено партію виробів та передано замовнику.

- - -



Національний університет життя та навколишнього середовища України
вул. 100-ліття України, 100, м. Київ 01032, тел. (044) 504-1000, факс (044) 504-1001, e-mail: info@nuls.edu.ua, nuls@nuls.edu.ua

АКТ

про виконання результатів магістерської дисертації
студента НУУ «ЕП» Івана Сидоренка, групи МБ-01/м
ДОХМАН Денис Ігорович
на тему: «Проектування, виготовлення і впровадження планового обслуговування
власної системи водопостачання»

13.12.2021

Київ

Тематика дипломного проекту відповідає на замовлення компанії ТОВ «ПРИТІЛ». Студент ДОХМАН Денис виконав завдання – проаналізував проблему забезпечення сканера, розробив технічне виконання та у взаємній з фахівцями компанії виконання власного проекту, ухвалив незалежне рішення в процесі впровадження на місцевість та реалізацію.

За результатами та безпосередньої участі Дениса ДОХМАН виконано реальний дослідний проект, що в подальшому буде виготовлятися серійно.



Акт виконання дисертації

Ігор СПИРИДЮ

Начальник проектно-технічного відділу

Станіслав ЖИВАГО

13.12.2021

Акт впровадження результатів
магістерської дисертації.
Документ, що підтверджує мій
безпосередній вклад у розвиток
проекту.

ДЯКУЮ