

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Факультет робототехніки та приладобудування
Кафедра комп'ютерно-інтегрованих оптичних та навігаційних систем**

До захисту допущено:
Завідувач кафедри
_____ Бурау Н. І.
«__» _____ 2026 р.

**Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою
«Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні»
спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
на тему: «Сканер штрихкодів»**

Виконав:
студент IV курсу, групи ПО-21
Поліщук Олександр Ігорович

Керівник:
доцент, к. т. н.
Сокурєнко Вячеслав Михайлович

Рецензент:
К.т.н., асистент, доктор філософії
Бондарєв Д.В

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.
Студент _____

Київ – 2026 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Факультет робототехніки та приладобудування
Кафедра комп'ютерно-інтегрованих оптичних та навігаційних систем

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Освітньо-професійна програма – «Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ Бурау Н. І.
«__» _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ
на дипломний проєкт студенту
Поліщук Олександр Ігоровичу

1. Тема проєкту – «Сканер штрихкодів»; керівник проєкту – Сокурєнко Вячеслав Михайлович, к. т. н., доцент, затверджені наказом по університету від «__» _____ 20__ р. № ____.
2. Термін подання студентом проєкту – р.
3. Вихідні дані до проєкту:
 - 1) різновид сканера – ручний;
 - 2) тип приймача випромінення – лінійний ПЗЗ-фотоприймач;
 - 3) тип джерела випромінення – світлодіодний в ближньому інфрачервоному діапазоні.
4. Зміст пояснювальної записки:
 - 1) Огляд та аналіз літератури.
 - 2) Принцип дії приладу та розрахунки.
 - 3) Розроблення 3d-моделі приладу.
 - 4) Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням креслеників, плакатів, презентацій тощо): 1) Схема функціональна (1 арк., А2). 2) Схема оптична принципова (1 арк., А2). 3) Складальний кресленик (1 арк., А1). 4) Складальне креслення об'єктива (1 арк., А3). 5) Оправа об'єктива (1 арк., А4). 6) Різьбове кільце (1 арк., А4). 7) Проміжне кільце (1 арк., А4). 8) Лінза (1 арк., А4), 9) Плакат (1 арк., А1).

6. Дата видачі завдання – 10.02.2026.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Огляд літературних джерел	03.05.2026	
2	Розрахунок оптичних компонентів	10.05.2026	
3	Розроблення 3D-моделі і креслеників	17.05.2026	
4	Оформлення пояснювальної записки	28.05.2026	
5	Подання роботи на передзахист	04.06.2026	
6	Підготовка до захисту	15.06.2026	

Студент

Олександр ПОЛІЩУК

Керівник

Вячеслав СОКУРЕНКО

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Назва	Аркуші	Прим.
1	A4	ДП.ПО-21.006.01.00 ТЗ	Технічне завдання	2	
2	A4	ДП.ПО-21.006.02.00 ДП	Відомість дипломного проєкту	1	
3	A4	ДП.ПО-21.006.03.00 ПЗ	Пояснювальна записка	76	
4	A2	ДП.ПО-21.006.04.00 СФ	Схема функціональна	1	
5	A2	ДП.ПО-21.006.05.00 ЛЗ	Схема оптична принципова	1	
6	A1	ДП.ПО-21.006.06.00 СК	Складальний кресленик	1	
7	A3	ДП.ПО-21.006.07.00 СК	Складальний кресленник об'єктива	1	
8	A4	ДП.ПО-21.006.07.01	Оправа об'єктива	1	
9	A4	ДП.ПО-21.006.07.02	Різьбове кільце	1	
10	A4	ДП.ПО-21.006.07.03	Проміжне кільце	1	
11	A4	ДП.ПО-21.006.07.04	Лінза	1	
12	A1	ДП.ПО-21.006.08.00 П	Плакат	1	

					ДП.ПО-21.006.02 ДП				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата					
Розроб.		Поліщук О. І.			Відомість дипломного проєкту	Літ.	Арк.	Аркуші	
Перев.							1	1	
						КПІ ім. Ігоря Сікорського			
Н. контр.		Сокурєнко В. М.							
Затв.									

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Сканер штрихкодів»

Київ – 2025 року

АНОТАЦІЯ

Зі стрімким зростанням обсягів товарообігу та цифровізацією складського обліку, технології автоматичної ідентифікації стають невід'ємною частиною інфраструктури. Удосконалення алгоритмів розпізнавання та підвищення мобільності пристроїв для зчитування даних відкривають нові можливості для оптимізації логістики, роздрібно́ї торгівлі та систем управління ресурсами.

Метою проєкту є розроблення сканера штрихкодів та дослідження методів цифрової обробки зображень для підвищення точності декодування. Для досягнення поставленої мети застосовуються методи розрахунку оптичних систем та функціонал сучасних систем автоматизованого проектування.

Застосування приладу полягає у можливості зручного зчитування штрихкодів. Оптична система з можливістю інтеграції в мобільні термінали збору даних, автономні сортувальні системи та інтелектуальні системи інвентаризації.

						Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ABSTRACT

With the rapid growth in trade volumes and the digitalisation of warehouse management, automatic identification technologies are becoming an integral part of the infrastructure. Improvements in recognition algorithms and increased mobility of data-reading devices are opening up new opportunities for optimising logistics, retail and resource management systems.

The aim of the project is to develop a barcode scanner and investigate methods of digital image processing to improve decoding accuracy. To achieve this objective, methods for calculating optical systems and the functionality of modern computer-aided design systems are employed.

The device is designed to enable convenient barcode scanning. The optical system can be integrated into mobile data collection terminals, autonomous sorting systems and intelligent inventory management systems.

						Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ	9
ВСТУП	11
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРИ.....	12
1.1 Загальні відомості про штрихкоди	12
1.2 Види штрихкодів	13
1.3 Загальні відомості про сканери штрихкодів	21
1.4 Огляд комерційних зразків матриць	24
1.5 Огляд комерційних зразків сканерів штрихкодів	25
Висновки до першого розділу	34
РОЗДІЛ 2. ПРИНЦИП ДІЇ ПРИЛАДУ ТА РОЗРАХУНКИ	35
2.1 Функціональна схема та принцип дії сканера штрихкодів	35
2.2 Розрахунок оптичної системи.....	36
2.3 Енергетичний розрахунок.....	51
Висновки до першого розділу	55
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБЛЕННЯ 3D-МОДЕЛІ ПРИЛАДУ	56
3.1 Побудова моделі лінз та оптичної системи.....	56
3.2 Розроблення моделі оправы об'єктива та збірка об'єктива.....	57
3.3 Розроблення та побудова моделей інших виробів	60
3.4 Розроблення моделі корпусу сканера	63
3.5 Комплексна збірка сканера штрихкодів	70
Висновки до третього розділу	76
ВИСНОВКИ.....	77
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	78

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

ФДХФ – функція деформації хвильового фронту

ОПФ – оптично передавальна функція

ОС – операційна система

ПЗЗ (CCD) – прилад із зарядовим зв'язком

САПР – система автоматизованого проектування

СКВ – середньоквадратичне відхилення

ФКЕ – функція концентрації енергії

ФРТ – функція розсіювання точки

ШІ – штучний інтелект

1D (штрихкод) – одновимірний (лінійний) штрихкод

2D (штрихкод) – двовимірний штрихкод

ABS – акрилонітрилбутадієнстирол (ударостійкий пластик для 3D-друку)

АЦП – аналого-цифровий перетворювач

ASCII – американський стандартний код для обміну інформацією (*American Standard Code for Information Interchange*)

CMOS – комплементарна структура метал-оксид-напівпровідник (*Complementary Metal-Oxide-Semiconductor*)

DIN – Німецький інститут стандартизації (*Deutsches Institut für Normung*, стандарт для кріпильних виробів)

GOST (ГОСТ) – державний стандарт

GS1 – міжнародна організація з питань стандартизації товарної нумерації та штрихового кодування

HDR – високий динамічний діапазон (*High Dynamic Range*)

						Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

IP42 – клас захисту корпусу від проникнення твердих предметів та води (*International Protection Marking*)

ISBN – міжнародний стандартний книжковий номер (*International Standard Book Number*)

ISSN – міжнародний стандартний серійний номер (*International Standard Serial Number*)

LED – світлодіод (*Light-Emitting Diode*)

LVDS – низьковольтна диференціальна передача сигналів (*Low-Voltage Differential Signaling*)

RGB – колірна модель, заснована на трьох базових кольорах: червоному, зеленому та синьому (*Red, Green, Blue*)

USB – універсальна послідовна шина (*Universal Serial Bus*)

VGA – компонентний відеоінтерфейс / стандарт роздільної здатності (*Video Graphics Array*)

						Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

У сучасному світі автоматизація процесів ідентифікації товарів та об'єктів є критично важливою для ефективного функціонування логістики, роздрібної торгівлі, складського обліку та промисловості. Штрих-кодування залишається найбільш розповсюдженою та економічно вигідною технологією швидкого введення даних. Зі зростанням обсягів товарообігу попит на доступні, швидкі та точні сканери штрих-кодів постійно зростає.

Попри наявність готових комерційних рішень, розроблення спеціалізованого сканера штрих-кодів залишається актуальною з точки зору створення кросплатформних додатків, інтеграції в існуючі системи підприємств та мінімізації витрат на апаратне забезпечення.

						Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Загальні відомості про штрихкоди

Штриховий код являє собою послідовність штрихів та проміжків визначеного розміру, за допомогою яких кодуються цифри, букви та інші символи. Закодовану в штриховому коді інформацію можна автоматично зчитати за допомогою спеціальних пристроїв - сканерів штрихового коду. Кожна цифра або буква в штриховому коді відображається комбінацією штрихів та проміжків за чітко визначеними правилами. Під час зчитування сканер вимірює світло, відбите від темних та світлих ділянок штрихового коду.

Кожний штриховий код будується за визначеними заздалегідь стандартними правилами. Сукупність таких правил називається символікою штрихового коду (або штрихковою символікою). Штрихкова символіка передбачає певні правила кодування кожного символу (цифри, букви тощо), встановлює вимоги до друку та зчитування штрихкодів позначок.

Лінійна символіка штрихового коду - така, за правилами якої закодовані дані подають послідовністю штрихів та проміжків, розташованих на одній прямій лінії. На сьогодні лінійні штрихові коди є найбільш розповсюдженими носіями даних, призначених для автоматизованого зчитування завдяки низькій вартості їх застосування, хоча набувають все більшого поширення й штрихові коди, в яких дані подаються за допомогою графічних елементів, розташованих на площині (двовимірні символіки).

Згідно правил, визначених символікою, формується штрихкова позначка те, що в побуті власне й називають штриховим кодом.

						Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис.1.1 Зовнішній вигляд штрихкода [1]

Використання штрихових кодів тісно пов'язане з технічними можливостями: обладнання у того, хто зчитує штриховий код, повинно бути здатне правильно обробити саме той штриховий код, що надійшов від партнера. Також, необхідно, щоб всі дані, подані в штриховому коді, були безпомилково зрозумілі та інтерпретовані автоматизованою системою. Але у відкритому торговому середовищі немає можливості погоджувати з кожним партнером формат і призначення даних в штрихових кодах. Тому у всьому світі штрихове кодування здійснюють за єдиною системою стандартів – Системою GS1.

Кожна із існуючих символік має технічні особливості. Стандарти ідентифікації та подання даних GS1 передбачають використання кількох лінійних та двовимірних символік штрихових кодів. Інформація у штрихових кодах GS1 завжди чітко структурована за єдиними правилами, тож завжди можна визначити, яка саме інформація закодована в штриховому коді GS1.[2]

1.2 Види штрихкодів

Виділяють дві великі групи для класифікації штрихкодів. Вони бувають одновимірними і двовимірними. Перші називають ще лінійними. Ці два типи різні за місткістю зашифрованих відомостей, зовнішнім виглядом, способами прочитання, шифрування. Тому одно і двовірні варіанти не можна назвати

						Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

універсальними, кожен має своє призначення, особливості застосування. Обладнання, необхідне для їх сканування, теж відрізняється.

Лінійні (одновимірні) штрихкоди

Такий умовний знак виглядає як горизонтальний ряд вертикально розташованих ліній з пробілами між ними. Читають їх, просуваючись тільки зліва направо, виключно по горизонталі. В одновимірному коді присутні не більше 20-30 символів. Зазвичай у них зашифровано артикул виробу або його серійний номер.

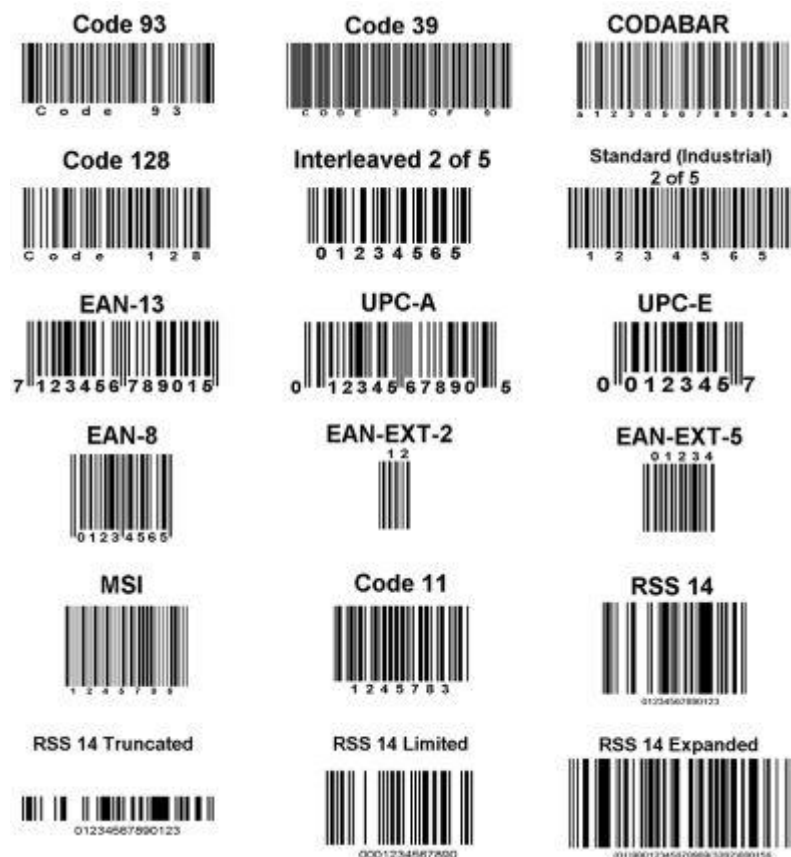


Рис. 1.2 Приклади лінійних штрихкодів

Процес шифрування у лінійних варіантів досить простий, але з його допомогою легко ідентифікувати продукцію будь-якого типу навіть у великій торговій точці на кшталт супермаркету, гіпермаркету. Стандарти лінійних

						Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

штрихкодів – UPC/EAN-128, EAN-13, Code39, UPC-A та інші. Найчастіше використовуються перші два.

Лінійні одновимірні штрихкоди зчитуються як автоматично, за допомогою спеціального обладнання, так і вручну. Останнє здійснюється шляхом введення в програму цифр або букв, зазначених під малюнком. У відповідь з'явиться необхідна інформація про товар.

Найчастіше при створенні одновимірного малюнка використовують стандарт EAN - він міжнародний і застосовується для кодування в усіх країнах світу. Його структура включає від 8 до 13 знаків. Перші два говорять про країну походження продукту, наступні чотири - це код виробника. П'ять цифр, розміщені далі, розкривають основні відомості про товар, і останні дві – це контрольні знаки, що зчитуються сканером.

За допомогою деяких кодів, теж зроблених за стандартом EAN, здійснюється маркування. До цього типу належить, наприклад, ISBN. Являє собою цифрове значення, що друкується на книгах, призначених для продажу. Воно завжди починається з 978. Для газет, журналів, інших періодичних будівель використовують ISSN, його перші три цифри – завжди 977. На упаковки ліків і медикаментів наносять двійкові коди, що складаються з послідовності одиниць і нуликів.

Приклади лінійних штрихкодів :

Штрихкод GS1-128 є одним із найпоширеніших 1D штрих-кодів завдяки високій щільності інформації. У Code 128 можна відобразити весь набір даних ASCII (літери, цифри, спеціальні символи), навіть великі та малі літери. Серед характерних особливостей цієї штрихкової символіки – її висока інформаційна щільність та контролепридатність. У штрихковій позначці GS1-128 можна представити не тільки глобальний номер товарної позиції, а й додаткову конкретну інформацію про товар, наприклад, вагу нетто,

						Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дату виготовлення, серійний номер, термін придатності тощо. Код 128 популярний завдяки широкому спектру варіантів дизайну та може бути відносно легко використаний у більшості застосувань. Якщо код надруковано правильно, його зчитують усі поширені 1D та 2D сканери штрих-кодів у стандартній конфігурації [2][4].



Рис. 1.3 Зовнішній вигляд штрихкода GS1-128 [4]

Штрихкод GS1-39 відображає загалом 43 символи (цифри, великі літери та вибрані спеціальні символи). Однак, оскільки щільність інформації нижча, ніж у Code 128, Code 39 використовується не надто часто. Тим не менш, він підтримується всіма поширеними 1D та 2D сканерами штрих-кодів. Код 39 не має обмежень щодо довжини. Крім того, не потрібно звертати увагу на парну/непарну кількість цифр [4].

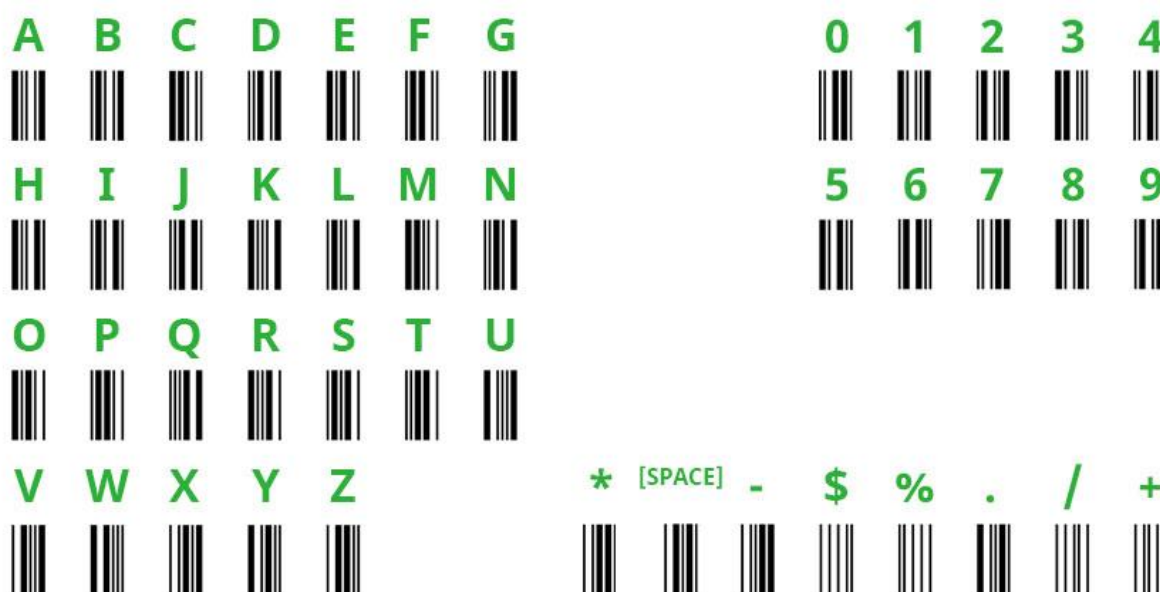


Рис. 1.4 Символи коду GS1-39 [4]

Штрихкодова символіка EAN/UPC Штрихові коди EAN-13, EAN-8, UPC, а також двох та п'ятизначні "розширення", які використовуються для кодування додаткової інформації при маркуванні книжок та періодичних видань. Ця символіка дозволяє кодувати тільки цифри. Будь-які товари, призначені для роздрібного продажу, маркуються тільки штрихкодovими позначками символіки EAN/UPC. Ця символіка може застосовуватись й для маркування товарів, які не продаються в роздріб - наприклад, для групових упаковок [2].



Рис.1.5 Зовнішній вигляд EAN-13, EAN-8 [4]

Штрихкодova символіка ITF-14 добре пристосована для друку на поверхнях невисокої якості - наприклад, безпосередньо на гофрокартоні. Штрихкодovими позначками символіки ITF-14 маркуються тільки товари, не призначені для продажу через контрольно-касові вузли підприємств роздрібно́ї торгівлі. Найчастіше це групові упаковки – ящики, коробки, піддони, які містять стандартну кількість однакових торгових одиниць [2].

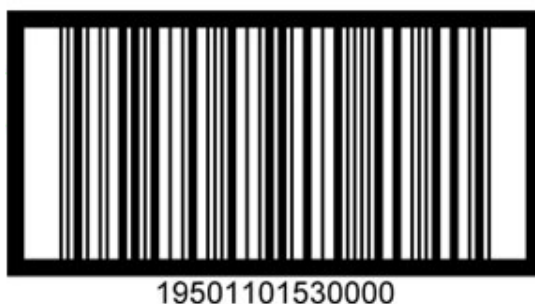


Рис.1.6 Зовнішній вигляд ITF-14 [2]

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Двовимірні штрихкоди або 2D коди

Якщо одновимірні читаються тільки по горизонталі, то ці можна сканувати також і у вертикальному напрямку. Такий умовний знак виглядає як поєднання клітинок, точок, ліній. Вони можуть розміщуватися і під прямим кутом. У малюнку завжди добре помітні пікселі.

Розглянемо, які є види штрихкодів двовимірного типу. До цієї категорії відносять матричні та багаторівневі зображення. Перші зберігають зашифровані відомості в клітинках квадратної і прямокутної форми. Одні мають білий, інші – чорний колір. У багаторівневих поєднується кілька лінійних кодів.

Двовимірні коди підходять для зберігання великого обсягу інформації, у кожному з них вміщується до 4 тис. знаків. З їхньою допомогою шифрують товари з великим набором характеристик. Це оптимальний варіант для ідентифікації та складського обліку продукту, опис якого займає кілька сторінок [3].

Табл. 1.1 2D коди та їх характеристики [1]

Характеристики технології	Aztec code	Micro QR code	QR-код	Data Matrix	MicroPDF417	PDF417
Зовнішній вигляд						
Зчитування коду автономно	Так	Так	Так	Так	Так	Так
Стойкість просторового розпізнавання коду	Поворот на довільний кут, дзеркальне відображення		Поворот на довільний кут, дзеркальне відображення	Поворот на довільний кут		
Корекція помилок	Виправляється до 95% пошкоджень (рівень від 5% до 95%, стандартно 23%)	Виправляється до 25% ушкоджень (фіксовані рівні 7, 15, 25%)	Виправляється до 30% ушкоджень (фіксовані рівні 7, 15, 25, 30%)	Виправляється до 30% ушкоджень		
Друк на чорно-білому принтері	Так	Так	Так	Так	Так	Так
Максимальний обсяг даних (при макс. рівні корекції помилок)	біля 2 Кбайт	9 байт	близько 2-3 Кбайт, на сервері можуть зберігатися дані обсягом до 15 Кбайт	біля 2—3 Кбайт		
Мінімальний розмір	15×15 (пікселей)	11×11 (пікселей)	21×21 (пікселей)	10×10 (пікселей)		
Максимальний розмір	151×151 (пікселей)	17×17 (пікселей)	177×177 (пікселей)	144×144 (пікселей)		

Приклади 2D кодів :

Datamatrix – це двовимірний штрих-код, у якому дані кодуються за допомогою чорно-білих або контрастних (темних і світлих) клітинок, розташованих у вигляді сітки. На відміну від одновимірних штрих-кодів, коди Data Matrix є всенаправленими, тобто їх можна зчитувати під будь-яким кутом. Кількість рядків і стовпців у коді Data Matrix збільшується відповідно до обсягу інформації, що зберігається в ньому; максимальний обсяг становить 2 335 буквено-цифрових символів [6].



Рис.1.7 Зовнішній вигляд Data matrix code [6]

Data Matrix розроблені для розміщення великої кількості інформації у дуже невеликому просторі. Оскільки інформація кодується абсолютним, а не відносним положенням точки, вона не так схильна до дефектів друку, як традиційні штрих-коди. Найпопулярнішими сферами застосування Data Matrix є маркування невеликих виробів, таких як інтегральні схеми та друковані плати. Ці застосування використовують з-датність коду кодувати приблизно п'ятдесят символів даних у символі розміром 2 або 3 мм квадратних, а також той факт, що код можна прочитати лише з коефіцієнтом контрастності 20 відсотків [7].

QR-код (Quick response code) – це матричний двовимірний код для високошвидкісного читання, розроблений компанією DENSO WAVE у 1994 році. Він був зареєстрований у стандарті ITS AIMI у 1997 році. Micro QR-код був стандартизований у 2004 році. Найменший елемент (чорний або білий квадрат) QR-коду називається «модулем». QR-код складається з комбінації чорних і білих модулів, шаблонів визначення положення, часових шаблонів, інформацію про формат, яка містить номери рівня виправлення помилок і маски, область даних і код виправлення помилок [1].

QR code



Рис.1.8 Зовнішній виглядс QR code [6]

Aztec Code – введений Енді Лонгейсром (Andy Longacre) у 1995 році. Aztec Code розроблений для легкого друку та легкого розшифрування. Штрихкод є квадратною матрицею з концентричними квадратами в центрі, які служать для визначення позиції коду щодо сканера і мірною лінійкою по краю коду. Найменший штрих-код Aztec має площу 15x15 модулів, найбільший 151x151. Мінімальний код Aztec кодує 13 цифр або 12 букв, а максимальний – 3832 цифри, або 3067 букв, або 1914 байт даних. Крім даних, можна закодувати два службові символи. Символіка не потребує вільної зони навколо штрих-коду.

						Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Small Aztec Code є спеціальною портативною версією Aztec Code для кодування коротких повідомлень (до 95 символів) [1].



Рис.1.9 Зовнішній вигляд AZTEC code [1]

1.3 Загальні відомості про сканери штрихкодів

Сканер штрих-коду – це пристрій, призначений для зчитування інформації, закодованої у вигляді штрих-коду. Штрих-коди використовуються на різних товарах, поштових відправленнях, квитках і т.д. Вони дозволяють швидко та точно ідентифікувати товари, відстежувати їх рух та автоматизувати багато бізнес-процесів [8].

Принцип функціонування сканера штрих-кодів базується на використанні відбиття світла. Прилад випромінює світловий промінь, який потім падає на штрих-код. Різні смуги штрих-коду, хай то широкі або вузькі, відбивають світло залежно від їх ширини. Вбудований датчик у сканері вловлює ці відбиття та перетворює їх на електричний сигнал. Подальше декодування сигналу відбувається за допомогою спеціального алгоритму, який перетворює послідовність відбитих сигналів на цифрові дані. Ці дані використовуються для ідентифікації товарів, документів та інших об'єктів [9].

						Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис.1.10 Зовнішній вигляд сканера штрих кодів [10]

Типи сканерів штрихкодів

Сканери штрихкодів можна поділити на 2 групи за принципом роботи на лазерні та на матричні.

Лазерний сканер спрямовує на штрих-код тонкий промінь світла а його відбиття фіксується датчиком (лазерним фотодетектором) для зчитування штрих-коду. Лазерний промінь відбивається від дзеркала та рухається ліворуч і праворуч для зчитування штрих-коду. Використання лазера дозволяє зчитувати етикетки зі штрих-кодами, розташовані на великій відстані [11].

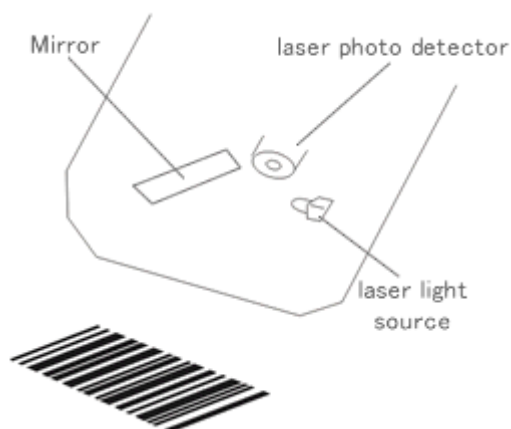


Рис.1.11 Принцип роботи лазерного сканера штрихкодів [11]

Матричні сканери – працюють за принципом, схожим на роботу цифрової камери. Сканувальний елемент (ПЗЗ, CMOS – матриці) у матричних сканерах – це фактично ряд із сотень або тисяч крихітних світлових сенсорів,

						Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кожен з яких вимірює навколишнє освітлення. Коли матриця фіксує штрих-код у своєму полі зору, ці сенсори зчитують рівень світла, фактично «фотографуючи» штрих-код [12].

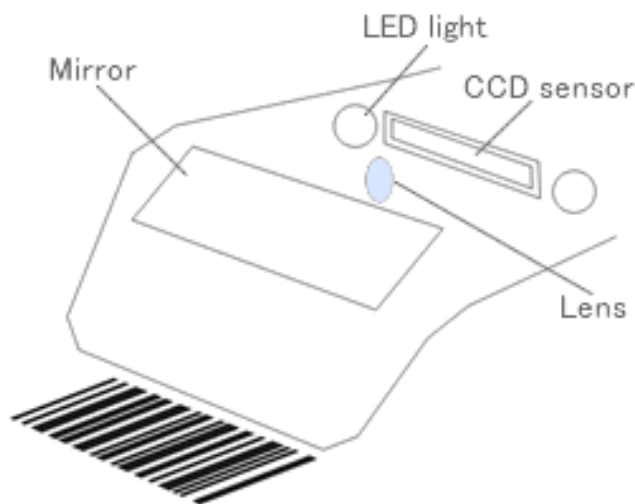


Рис.1.12 Принцип роботи матричного сканера штрихкодів [11]

Матричний сканер штрихкодів на ПЗЗ-лінійці (лінійна ПЗЗ-матриця) – використовує матрицю із зарядовим зв'язком для одночасного знімка всього коду. Світло від вбудованих світлодіодів відбивається від чорних смуг та білих пробілів штрих-коду, а ряд світлочутливих комірок перетворює цей візерунок на цифрові дані. Оскільки сканер не має рухомих частин, він залишається швидким і точним протягом багатьох років з мінімальним обслуговуванням. ПЗЗ-сканери обробляють 1D штрих-коди, такі як UPC, EAN та Code 128, навіть якщо друк зношений або трохи пошкоджений.

Вони широко використовуються для роздрібних кас, складського обліку та відстеження медичних товарів, і можуть підключатися через USB для стаціонарних установок або Bluetooth для мобільного сканування [13].

1.4 Огляд комерційних зразків матриць

ТН7888А – це ПЗЗ матриця, спеціально розроблена для застосувань із високою швидкістю передачі даних (до 30 кадрів/секунду у форматі прогресивної розгортки 1024 x 1024) у медичній та промисловій галузях. Цей матричний датчик зображення складається із зони зображення розміром 1024 x 1024 пікселів (14 мкм x 14 мкм) зони зображення, пов'язаної із зоною пам'яті (закритою оптичним екраном). Для підвищення швидкості передачі даних передбачено два окремі виходи, які можна використовувати для паралельного зчитування (частота зчитування становить до 20 МГц на вихід, що забезпечує загальну частоту зчитування 40 МГц). Ці два виходи дозволяють використовувати три режими зчитування (одно- або двопортовий). ТН7888А розроблений з антиблоумінговою структурою, що забезпечує можливість використання електронного затвора. Крім того, на цьому датчику доступний режим бінінгу 2 x 2, що забезпечує розмір зображення 512 x 512 пікселів з розміром пікселя 28 мкм x 28 мкм. Корпус ТН7888А герметизований за допомогою спеціального антивідбиваючого вікна, оптимізованого в діапазоні спектра 400-700 нм у герметизованій версії.

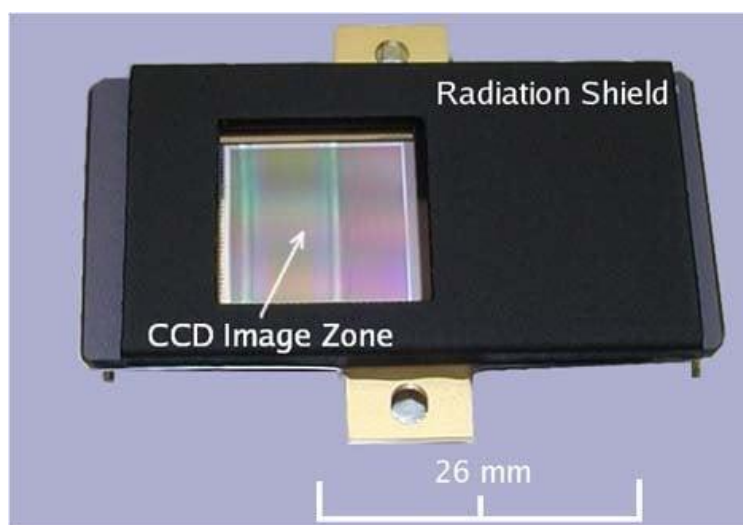


Рис. 1.13 Зовнішній вигляд ТН7888А [15]

					Арк. 24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Характеристики TH7888A:

- Роздільна здатність: 1024 x 1024 пікселів із зоною пам'яті;
- Швидкість зйомки: До 30 кадрів/секунду;
- Захист від пересвіту: Вбудований пристрій антиблюмінгу з функцією електронного затвора;
- Розмір пікселя: 14 мкм x 14 мкм;
- Світлочутлива область: 14,34 x 14,34 мм²;
- Виходи: Два виходи по 20 МГц кожен;
- Режими зчитування: Через 1 або 2 виходи;
- Бінінг: Можливість об'єднання пікселів (binning) 2 x 2;
- Оптичний захист: Екран для запобігання паразитним відблискам та розсіяному світлу;
- Вікно з антибліковим покриттям (A/R): Робочий діапазон 400 - 700 нм [15].

MT9V024 – це цифровий CMOS-датчик зображення з активними пікселями формату Wide VGA (1/3 дюйма), оснащений глобальним затвором та функцією високого динамічного діапазону (HDR).

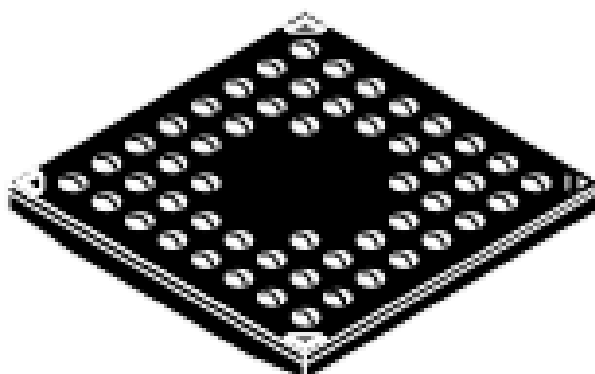


Рис 1.14 Зовнішній вигляд MT9V024 [16]

						Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.2 Характеристики MT9V024 [16]

Параметри:	Значення:
Оптичний формат	1/3 дюйма
Розмір активної області сенсора	4.51 мм (Г) × 2.88 мм (В)
Активні пікселі	752 (Г) × 480 (В)
Розмір пікселя	6.0 мкм × 6.0 мкм
Масив кольірних фільтрів	Монохромний, кольоровий RGB Bayer або паттерн RCCC
Тип затвора	Global Shutter (глобальний затвор)
Макс. Швидкість передачі даних / Тактова частота	27 Мп/с / 27 МГц
Повна роздільна здатність	752 × 480
Частота кадрів	60 к/с (при повній роздільній здатності)
Розрядність АЦП	10-біт, паралельно-стовпчикова
Чутливість	4.8 В/люкс-сек (при 550 нм)
Динамічний діапазон	> 55 дБ лінійний; > 100 дБ у режимі HDR
Напруга живлення	3.3 В ± 0.3 В (для всіх ліній)
Енергоспоживання	< 160 мВт при макс. швидкості (LVDS вимкнено); 120 мкВт у режимі очікування
Робоча температура	від −40 °С до +105 °С
Тип корпусу	52-ball iBGA, автомобільна сертифікація; пластина (Wafer) або кристал (Die)

Лінійна ПЗЗ матриця TH7814 – створені на на найновіших розробках і технологіях компанії Atmel. Гнучкість та продуктивність цих пристроїв дають можливість використовувати їх у більшості систем машинного зору для промислових застосувань (інспекція рулонів, контроль процесів, сортування та перевірка різних деталей), сканування документів з роздільною здатністю до 200 dpi, метрологія тощо [17].

Характеристики TH7814

- Швидкість передачі даних до 50 МГц (2 виходи по 25 МГц кожен);
- Розмір пікселя: 10 мкм x 10 мкм (крок 10 мкм);
- Спектральний діапазон від 300 до 1100 нм;
- Висока чутливість та фотодіоди без затримки сигналу;
- Дуже низький рівень шуму (еквівалентна шуму освітленість 30 пДж/см²);
- Антибломінг (захист від розтікання заряду);
- Управління експозицією;
- 20-вивідний корпус DIL 0.4";
- Електрична, механічна та оптична сумісність між двома продуктами [17].

1.5 Огляд комерційних зразків сканерів штрихкодів

Ручний сканер штрих кодів Datalogic QuickScan Lite QW2100 – пристрій початкового рівня, створений спеціально для зчитування довгих та усічених штрих-кодів. Даний сканер впевнено зчитує більшість лінійних штрих-кодів та має хорошу продуктивність завдяки широкому куту читання в поєднанні з більш широкою лінією сканування, забезпечуючи зчитування

						Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

довгих і широких штрих-кодів. Більш тонка і яскрава лінія сканування, схожа на лазерний промінь, дає можливість оператору зчитувати штрих-коди без збільшення дистанції сканування.



Рис.1.15 Зовнішній вигляд сканера Datalogic QuickScan Lite QW2100 [18]

Іміджер QuickScan Lite QW2100 працює на ПЗЗ матриці, випускається з опціональними інтерфейсами USB або розрив клавіатури/RS-232. Спеціально розроблена для сканера легка складна підставка може використовуватися як утримувач з можливістю регулювання кута нахилу. Функціональність і просту процедуру встановлення забезпечує програмне забезпечення Datalogic Aladdin. Ергономічний дизайн та невелика вага (всього 119 грам) роблять Datalogic QuickScan Lite QW2100 придатним для використання в щоденних операціях в роздрібній торгівлі, легкої промисловості, документообігу та у фінансовій і банківській сфері [18].

Таблиця 1.3 Характеристики сканера Datalogic QuickScan Lite QW2100 [18]

Параметри:	Значення:
Джерело світла	Червоний лазерний світлодіод 610-650 нм
Матриця	ПЗЗ

						Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 1.3

Швидкість сканування	400 скан/сек
Декодує штрих-коди	1D та лінійні
Максимальна дальність зчитування	до 270 мм
Мінімальна роздільна здатність	25% відбивної здатності
Кут читання	Кут (вертикальний) +/- 65° Кут (горизонтальний) +/- 45° Кут (осьове обертання) +/- 70°
Інтерфейси	RS-232, USB, Розрив клавіатури
Ступінь захисту	IP42
Стійкість до падінь	Витримує численні падіння на бетон з висоти 1,5 м
Живлення	Вхідна напруга 5 VDC +/- 5% Робочий струм (середній) 180 mA при 5 VDC
Діапазон робочих температур	0° до +50°C
Вологість	5% ~ 95% (без конденсату)
Підставка	Є, входить в комплект
Габарити сканера, мм	170x65x70
Маса сканера, грам	119

Ручний сканер штрих кодів Zebra DS 2208 – працює на CMOS-матриці забезпечує безпомилкове сканування штрих-кодів навіть поганої якості, завдяки програмним алгоритмам розшифровки PRZM. Неперевершена ширина діапазону (від 1,23 см до 36,8 см) і технологія багатонапрямого сканування дозволяють підвищити швидкість обслуговування покупців та скоротити час навчання персоналу. Перехід в режим сканування "вільні руки" відбувається автоматично, не вимагаючи внесення змін до налаштування пристрою.

						Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис.1.16 Зовнішній вигляд сканера Zebra DS 2208 [19]

Zebra DS2208 оптимізований під основні типи сканувань, що робить сканер готовим до негайного використання без попереднього налаштування конфігурацій. Кабелі автоматично визначають інтерфейс підключення, значно спрощуючи тим самим установку та скорочуючи час налаштування пристрою. Легкість інтеграції Zebra DS2208 посилена можливістю розпізнавання 97 розкладок клавіатур різних країн, що полегшує впровадження пристрою в системи по всьому світу. Також сканер сумісний з утилітами 123Scan та Scanner Management Service (SMS).

Іміджевий сканер Zebra DS2208 можна підключити до пристроїв на базі ОС Windows, Android або iOS та через них встановлювати настройки звукового сигналу, світлодіоду і символів, виводити на дисплей дані відсканованого штрих-коду або переглядати інформацію про модель та серійний номер сканера тощо [19].

Таблиця 1.4 Характеристики сканера Zebra DS2208 [19]

Параметри:	Значення:
Джерело світла	Приціл: лінійного типу, жовтий світлодіод 624 нм

Продовження таблиці 1.4

Матриця	CMOS
Підсвітка	2 яскраво-червоні світлодіоди 645 нм
Швидкість проходу (в ручному режимі)	До 76,2 см/сек для штрих-кодів UPC 13 мил
Стійкість до руху (в ручному режимі)	До 13 см/сек для штрих-кодів UPC 13 мил
Декодує штрих-коди	Одномірні, двомірні
Поле огляду	32,8° (Г) x 24,8° (В), номінальне
Датчик сканера	640x480 пікселів
Мінімальна роздільна здатність	25% відбивної здатності
Кут читання	Кут (вертикальний) +/- 65° Кут (горизонтальний) +/- 65° Кут (осьове обертання) 360°
Інтерфейси	Можлива зміна інтерфейсу шляхом простої заміни кабеля.USB RS232 Keyboard Wedge TGCS (IBM) 46XX через RS485
Ступінь захисту	IP42
Стійкість до падінь	Витримує багаторазові падіння з висоти 1,5 м на бетон
Живлення	Робочий струм при номінальній напрузі (5,0 В): 250 мА (типовий)
Діапазон робочих температур	0° до +50°C
Вологість	5% ~ 95% (без конденсату)
Підставка	Не входить в комплект
Габарити сканера, мм	165x66x99
Маса сканера, грам	161,6

Ручний сканер штрих кодів Honeywell Voyager 1202g – лазерний сканер який має високі показники ефективності та надійності при зчитуванні лінійних штрих-кодів будь-якої якості, навіть які дуже важко читаються, завдяки новітній технології лазерного сканування.



Рис. 1.17 Зовнішній вигляд сканера Honeywell Voyager 1202g [20]

Радіосистема Honeywell Voyager 1202g підтримує стандарт Bluetooth (клас 2, вер. 2.1) та дозволяє вільно користуватися сканером в радіусі 10 метрів від базової станції. Підтримка Bluetooth класу 2 дає можливість зв'язку на відстані до 30 метрів при відсутності перешкод на лінії прямої видимості. Використання даного сканера підвищує безпеку та дає свободу пересування завдяки відсутності кабелів. Для додаткової зручності передбачена пейджинговий система, яка полегшує пошук залишеного не на місці сканера за допомогою світлових і звукових сигналів.

Велика ємність літій-іонного акумулятора забезпечує до 12 годин роботи пристрою без підзарядки, а конструкція Honeywell Voyager 1202g дозволяє швидко і зручно змінювати батарею безпосередньо на робочому місці. Сканер оснащений декількома портами з функцією автоматичного визначення інтерфейсу підключення, що значно спрощує та прискорює процедуру його встановлення і налаштування. В залежності від потреб підприємства або особливостей робочого місця оператора, базову станцію Honeywell Voyager 1202g можна встановити на стіл або закріпити на стіні.

						Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Готове програмне рішення від Honeywell, Remote MasterMind™, дозволяє дистанційно керувати та контролювати пристрій, що знижує загальну вартість володіння [20].

Таблиця 1.5 Характеристики сканера Honeywell Voyager 1202g [20]

Параметри:	Значення:
Тип сканера	Лазерний
Швидкість сканування	100 скан/сек
Схема сканування	Сканування смугою
Декодує штрих-коди	Стандартні одномірні коди та коди GS1 DataBar
Мінімальна контрастність	10% відбивної здатності
Кут читання	Кут (горизонтальний) 30° Нахил 60° Поворот 60°
Інтерфейси	USB, RS-232, PS/2
Комунікації	Bluetooth v2.1, Клас 2
Частота	2,4 до 2,5 ГГц (діапазон ISM), з адаптивним алгоритмом перебудови частоти
Швидкість передачі даних	До 3 Мбіт/сек
Радіус дії	10 м в прямій видимості
Акумулятор	Літій-іонний 3,7 В, від 1800 мА/г Зйомний акумулятор. Час роботи до 12 годин або 45 000 операцій сканування без підзарядки/ Час зарядки до 4 годин
Ступінь захисту	IP42
Стійкість до падінь	Сканер: витримує 30 падінь з висоти 1,5 м на бетон Базова станція: витримує 30 падінь з висоти 1 м на бетон

Продовження таблиці 1.5

Живлення	Базова станція 5 Вт (1 А, 5 В з джерелом живлення) 2,5 Вт (0,5 А, 5 В з USB)
Діапазон робочих температур	Сканер +5° до +40°C Базова станція +5 до +40 °C (під час підзарядки), 0 до +50 °C (без підзарядки)
Вологість	0% ~ 95% (без конденсату)
Габарити сканера, мм	Сканер 180x92x66 Базова станція 200x97x67
Маса сканера, грам	Сканер з акумулятором 180 Базова станція 185

Висновки до першого розділу

1. Актуальність розроблення сканера штрихкодів полягає в тому, що спостерігається постійний та зростаючий попит на впровадження систем обліку у різних сферах людської діяльності. Впровадження ІІІ та роботизованих систем сприяє активному розвитку цієї галузі.
2. В результаті встановлено, що розроблення сканера не потребує суттєвих вкладень через простоту конструкції та доступність матеріалів забезпечує низький поріг входу у цю галузь.
3. В результаті огляду та аналізу літератури встановлено, що найкращим рішенням використовувати як приймач ПЗЗ-матрицю, через простоту конструкції та надійність. Також через невелику пропозицію на ринку, більшість виробників виготовляють складніші лазерні сканери або сканери з CMOS-матрицями, які складніші та мають більше можливостей, через що мають вищу ціну.

РОЗДІЛ 2. ПРИНЦИП ДІЇ ПРИЛАДУ ТА РОЗРАХУНКИ

2.1. Функціональна схема та принцип дії сканера штрихкодів

Проаналізувавши інформацію у розділі 1, було прийнято використовувати ПЗЗ-матрицю **ATMEL TH7814A**. Яка задовольнить технічні потреби приладу. Відповідно до цього запропоновано функціональну схему:

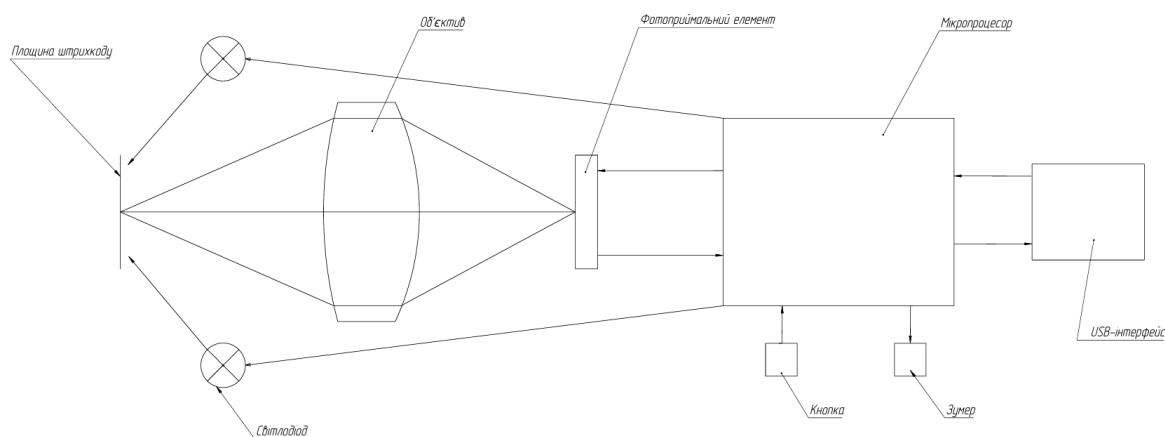


Рис. 2.1. Функціональна схема

Функціональна схема сканера штрихкодів працює таким чином. Штрихкод освітлюється світлодіодом, який створює світловий потік для зчитування інформації. Світло, відбите від чорних і білих смуг штрихкоду, потрапляє до оптичної системи. Оптична система фокусує зображення штрихкоду на ПЗЗ-матриці. ПЗЗ-матриця перетворює оптичне зображення у електричні сигнали, що відповідають зміні яскравості світлих і темних ділянок коду. Отримані сигнали передаються до мікропроцесора, який виконує обробку даних: фільтрацію сигналу, розпізнавання штрихів і пробілів, декодування інформації та перевірку правильності зчитування. Кнопка використовується для запуску процесу сканування. Після успішного розпізнавання штрихкоду мікропроцесор подає сигнал на зумер, який видає

звукове підтвердження. Передача розпізнаних даних до комп'ютера або іншого пристрою здійснюється через USB-інтерфейс, який також забезпечує живлення всіх елементів сканера.

Таким чином, сканер штрих-коду виконує повний цикл зчитування інформації - від оптичного формування зображення штрихкоду до цифрової обробки, індикації результату та передавання даних користувачеві.

2.2 Розрахунок оптичної системи

Виконаємо габаритний розрахунок проєкційного об'єктива, щоб отримати базові оптичні характеристики об'єктива. Нехай відстань від площини предметів до площини зображень дорівнює $l = 130$. Номінальний ширина штрихкоду дорівнює 37,29 [20] для можливості сканувати штрихкоди більшість нестандартних штрихкодів додамо запас максимальної ширини, нехай $y = 48$. Візьмемо мінімальну можливу ширину світлочутливої області фотоприймача $y' = 19,2$ (рис. 2.2).

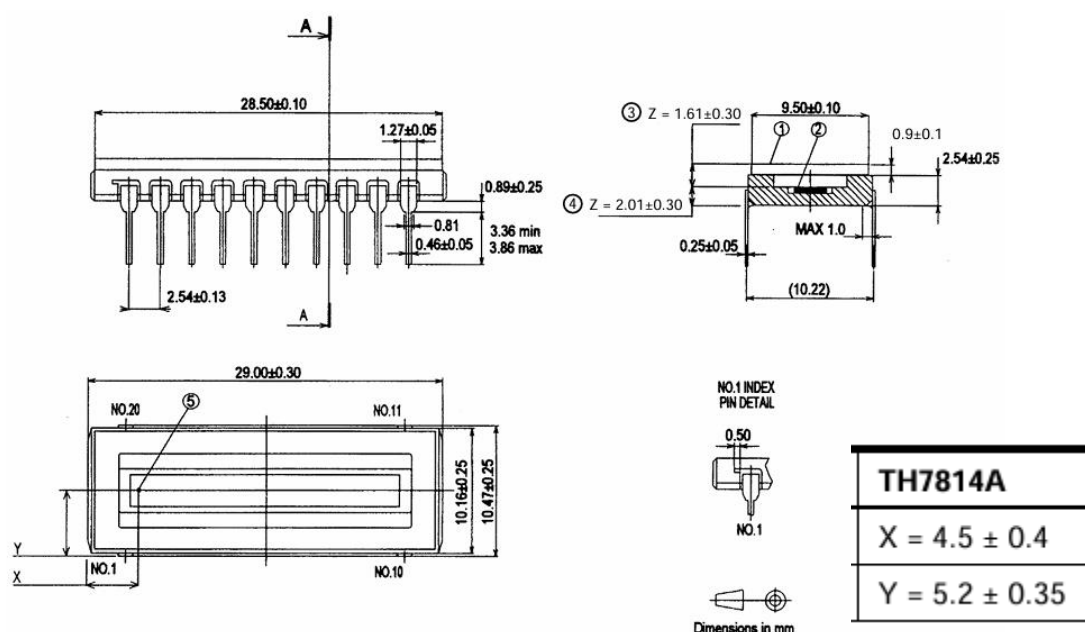


Рис. 2.2 Габаритні розміри “Atmel Linear CCD TH7814A” [17]

Знайдемо збільшення оптичної системи:

$$\beta = \frac{-y'}{y} = \frac{-19,2}{48} = -0.4^x$$

Врахуємо правило знаків для відрізків знайдемо відстань від предмета до оптичної системи та від оптичної системи до зображення, розв'язавши систему рівнянь:

$$\begin{cases} l = a - b \\ \beta = \frac{a}{b} \end{cases}, \quad \begin{cases} 130 = a - b \\ -0.4 = \frac{a}{b} \end{cases}$$

$$a = 92.86, \quad b = 37.14.$$

Використовуючи формулу тонкої лінзи, знайдемо фокусну відстань об'єктиву [21]:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}, \quad f = 26.53 \text{ мм.}$$

За отриманими даними габаритного розрахунку синтезовано та оптимізовано конструктивні параметри оптичної системи у програмі PODIL (Табл.2.1).

Таблиця 2.1 Конструктивні параметри оптичної системи

Базові дані Екстра Апертура поверхні Орієнтація до пов. Орієнтація після пов. Зовнішній ви Vyacheslav Sokurenko (sokurenko2@meta.ua): в системі							
№ пов.	АД	Тип поверхні	Радіус X	Радіус Y	Товщина	Середовище	Світлова висота
Предмет	○	Стандартна		∞	100,000000		25,000000 За променями
1	○	Стандартна		∞	0,000000		5,574988 За променями
2	○	Стандартна		15,485737 Змінний -0,1...0,1	3,000000	N-LASF41 Каталог: SCHOTT	5,387104 За променями
3	○	Стандартна		-1130,458179 Змінний -0,1...0,1	3,500000		4,835746 За променями
4 (АД)	●	Стандартна		∞	1,300000		2,891529 За променями
5	○	Стандартна		-15,461191 Змінний -0,1...0,1	1,000000	LF5 Каталог: SCHOTT	3,030852 За променями
6	○	Стандартна		13,972534 Змінний -0,1...0,2	3,000000		3,304545 За променями
7	○	Стандартна		1291,165924 Змінний -0,1...0,1	2,800000	SF6G05 Каталог: SCHOTT	4,469743 За променями
8	○	Стандартна		-16,809736 Змінний -0,1...0,1	30,511371 Змінний 30...42		4,943117 За променями
Зображ.	○	Стандартна		∞	0,000000		10,302747 За променями

Задано точки віньєтування (рис. 2.3).

Точки поля \ Віньєтування

Тип поля: Предметом

Викор.	Абс. поле X	Абс. поле Y	Вага
☒ 1	0	0	1
☒ 2	0	10	1
☒ 3	0	15	1
☒ 4	0	20	1
☒ 5	0	25	1
☐ 6	0	0	1

Рис. 2.3. Характеристики точок поля

Задамо характеристики апертурної діафрагми (рис.2.4).

 Тип апертури: Діаметр вхідної зіниці

Величина апертури: 8

Апертурна поверхня: 3

Тип уточнення апертур: Увімкнено (Абераційна висота АД)

Рис. 2.4. Характеристики апертури

Апертурна діафрагма обмежує пучок променів, які виходять з осьової точки площини предмету. Вона є найважливішою діафрагмою оптичної системи тому, що від її розмірів і положення залежить:

- розподіл функціональних ролей між іншими діафрагмами системи;
- величина потоку випромінення, яке проходить через оптичну систему і формує зображення;
- опромінення площини зображення як в зоні осьової точки, так і в периферійних зонах площини зображень;

- абераційні властивості оптичної систем, якість зображень;
- дифракційна, тобто потенційна просторова роздільна здатність;
- глибина простору, що спостерігається однаково «різко» [22].

Оптимальну довжину хвилі світла визначаємо за графіком (рис. 2.4)

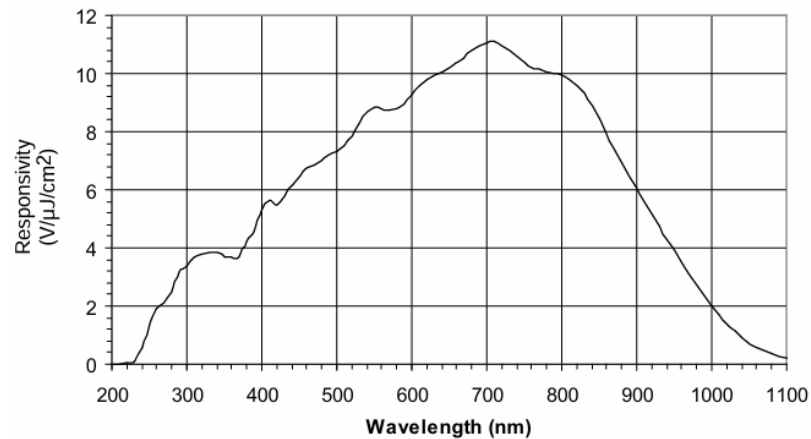


Рис. 2.4. Відносна спектральна чутливість TN7814A

Задамо довжину хвилі (рис. 2.5).

Довжини хвиль

Викор.	Довжина хвилі, [мкм]	Вага	Основна
☒ 1	0,68	1	☒
☐ 2	0,55	1	☐
☐ 3	0,55	1	☐

Рис. 2.5. Довжина хвилі в оптичній системі

ЗВІТ ПРО ВИХІДНІ ДАНІ

«PODIL» Версія 1.0 [217] Beta

Поля зору:

№	Поле X	Поле Y	Вага
0	0,00000	0,00000	1,00000
1	0,00000	10,00000	1,00000
2	0,00000	15,00000	1,00000
3	0,00000	20,00000	1,00000
4	0,00000	25,00000	1,00000

Коефіцієнти віньєтування:

№	Розмір X	Розмір Y	Зсув X	Зсув Y	Кут повороту
0	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
1	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
2	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
3	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
4	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

Довжини хвиль:

№	Значення, мкм	Вага
0	0,680000	1,000000

Конструктивні параметри:

№ пов.	Радіус Y	Товщина	Середовище	Світл. Діам.	Мех. Діам.	Стрілка
Предмет	Нескінчен.	100,000000		50,0000	50,0000	0,0000
1	Нескінчен.	0,000000		11,1500	11,1500	0,0000
2	15,485737	3,000000	N-LASF41	10,7742	10,7742	0,9672
3	-1130,458179	3,500000		9,6715	10,7742	-0,0103
4 (АД)	Нескінчен.	1,300000		5,7831	5,7831	0,0000
5	-15,461191	1,000000	LF5	6,0617	6,6091	-0,3000
6	13,972534	3,000000		6,6091	6,6091	0,3964
7	1291,165924	2,800000	SF6G05	8,9395	9,8862	0,0077
8	-16,809736	30,511371		9,8862	9,8862	-0,7432
Зображ.	Нескінчен.			20,6055	20,6055	0,0000

Показники заломлення:

Системна температура: 20°C

Системний тиск: 1 атмосфер

Абс. Показник повітря: 1,000271 при довжині хвилі 0,68 мкм

Всі дані приведені до повітря при системних температурі та тиску.

№ пов.	Середовище	0,680000
9		1,00000000
9		1,00000000
2	N-LASF41	1,82761604
9		1,00000000
4		1,00000000
5	LF5	1,57606191
6		1,00000000
7	SF6G05	1,79738947
8		1,00000000
9		1,00000000

ЗВІТ ПРО ПАРАКСІАЛЬНІ ПАРАМЕТРИ

«PODIL» Версія 1.0 [217] Beta

Кардинальні параметри:

Довжина хвилі,	F,	F',	Sf,	S'f',	Sh,	S'h',
[мкм]	[мм]	[мм]	[мм]	[мм]	[мм]	[мм]
0,68000	-30,03543	30,03543	-25,67507	18,51017	4,36036	-11,52526

Узагальнені параметри предмета і зображення:

Довжина хвилі,	Y,	Y',	S,	S',	Збільшення
[мкм]	[мм]	[мм]	[мм]	[мм]	-
0,68000	25,00000	-10,10274	-100,00000	30,64778	-0,40411

Лінійні параметри предмета і зображення:

Довжина хвилі,	Y,	Y',	S,	S',	Збільшення
[мкм]	[мм]	[мм]	[мм]	[мм]	-
0,68000	25,00000	-10,10274	-100,00000	30,64778	-0,40411

Лінійні зіничні параметри:

Довжина хвилі,	D/2,	D'/2,	Zp,	Z'p',	Vzp,	Yzp,
[мкм]	[мм]	[мм]	[мм]	[мм]	[мм]	[мм]
0,68000	4,00000	3,66490	7,10666	-9,00903	0,91622	2,89153

Узагальнені зіничні параметри:

Довжина хвилі,	A,	A',	Sp,	S'p',	Vzp,
[мкм]	[tg]	[tg]	[кдптр]	[кдптр]	-
0,68000	-0,03735	0,09242	0,00934	-0,02522	-2,47458

Поля зору: №1 №2 №3 №4 №5
 Загальна довжина шляху по осі: 145,11 мм
 Макс. світлова висота пов.: 25 мм

Схема 2D

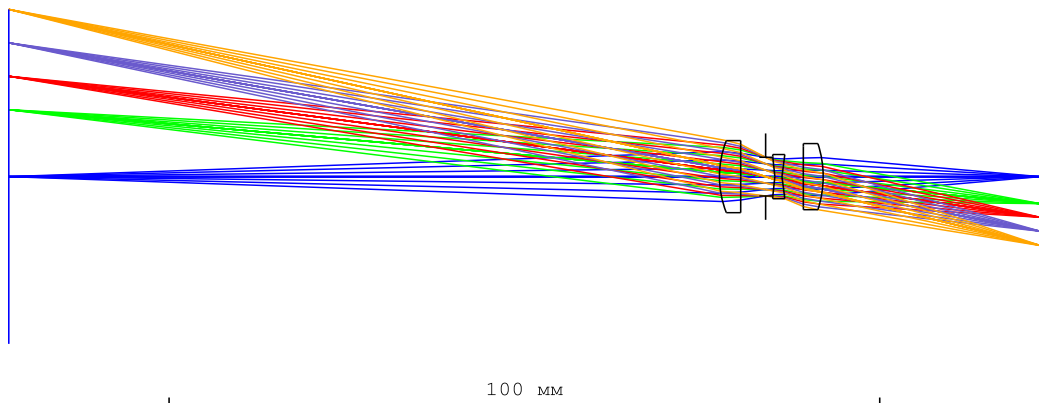


Рис. 2.6. 2D-схема оптичної системи об’єктива

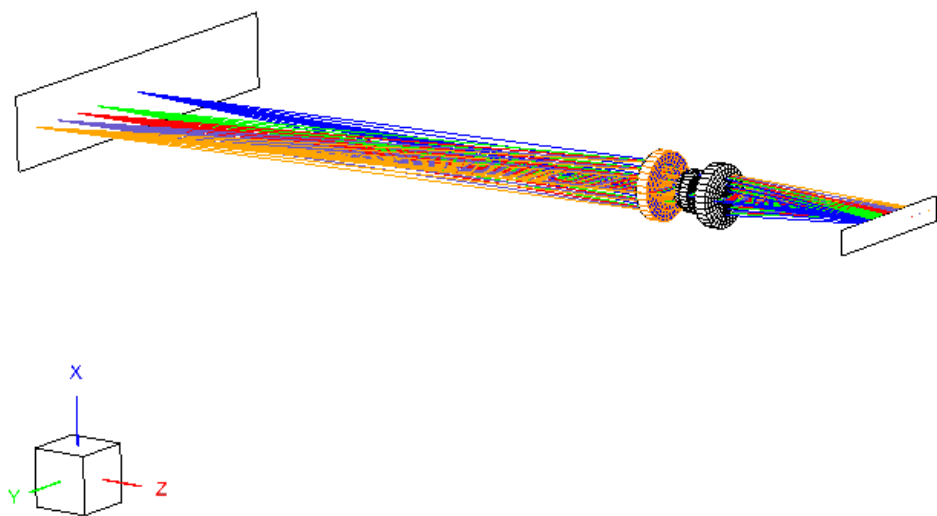


Рис. 2.7. Твердотільна модель оптичної системи

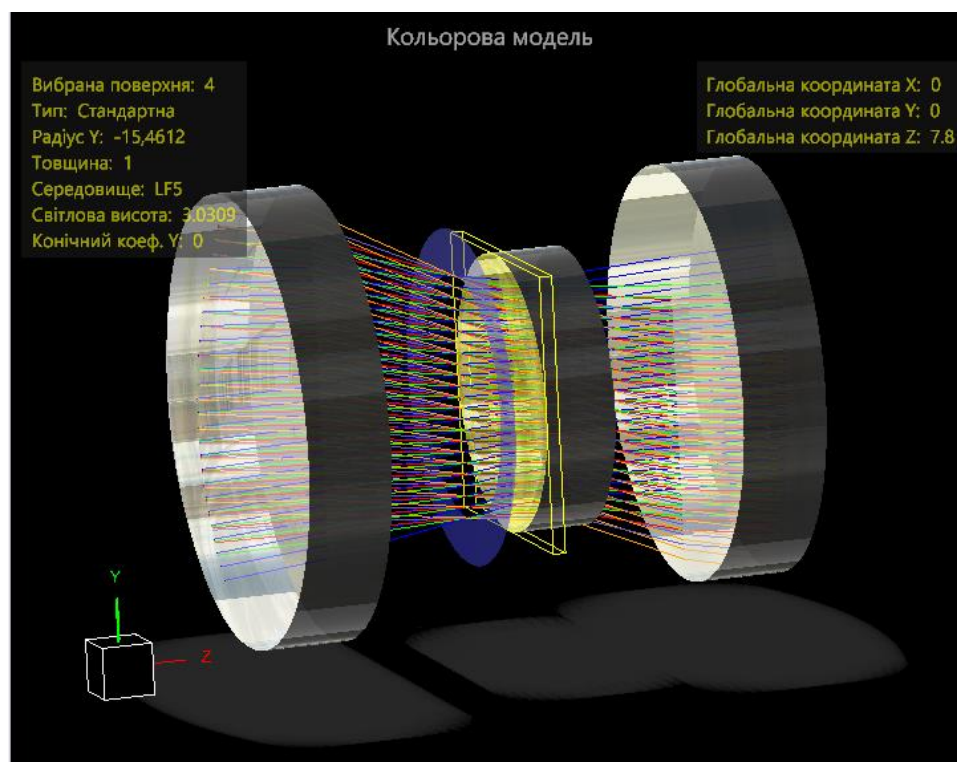


Рис. 2.8. Кольорова модель оптичної системи

Аберация оптичної системи (лат. aberratio – відхилення) – дефект, похибка, спотворення зображень, сформованих оптичними системами.

Довжина хвилі: 0,68

Повний масштаб: ± 40 мкм; Макс. аберация: 22,22 мкм

Поперечна аберация

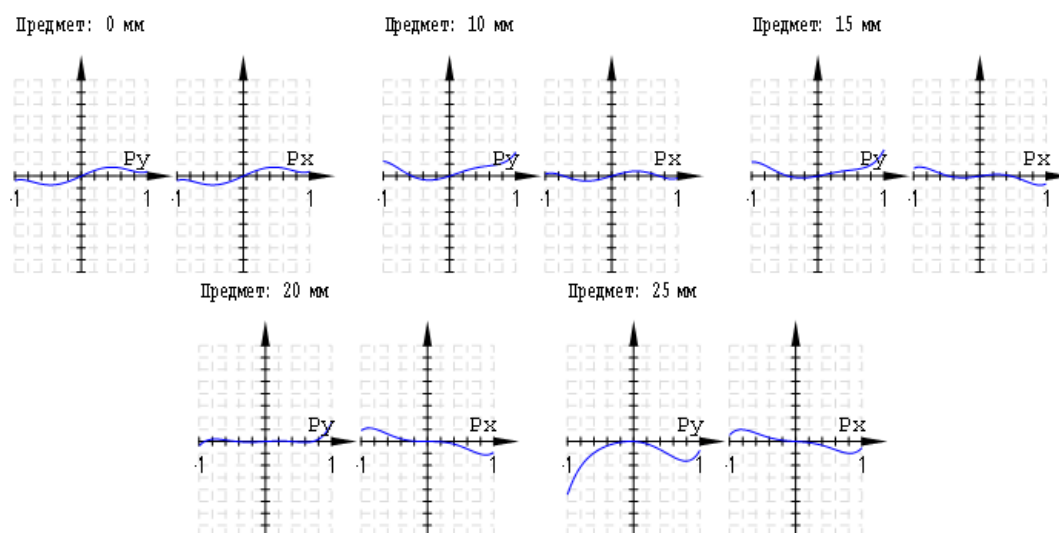


Рис. 2.9 Графіки поперечної аберация об'єктива

Поперечна аберація променю це зміна його траєкторії на виході з оптичної системи, по відношенню до траєкторії, яку б він мав у безабераційній, ідеальній оптичній системі. Аберації променів в пучку призводить до порушення гомоцентричності пучка [23].

На графіках поперечної аберації для п'яти точок полів (рис.2.9) показано максимальне відхилення 22,22 мкм, прийнятне для сканера штрихкодів.

Сферична аберація – це дефект зображення, внаслідок якого промені, що поширюються поблизу оптичної осі системи, і промені, що проходять на значній віддалі від оптичної осі, не збираються в одній і тій самій точці. Сферична аберація призводить до порушення гомоцентричності пучка: промені, що пройшли крізь центральну зону лінзи і крізь її крайову зону, перетинають оптичну вісь у різних точках [24].

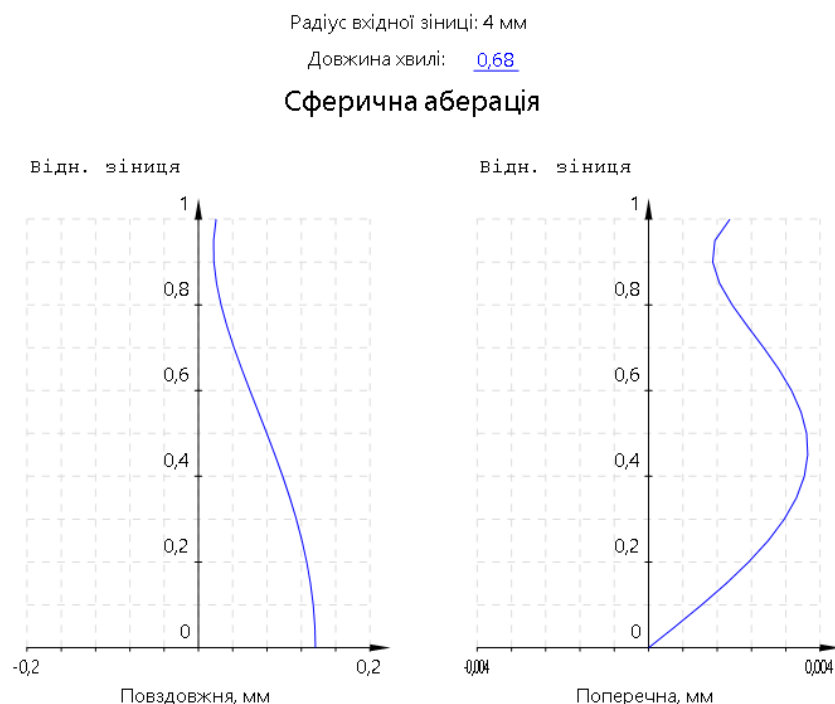


Рис. 2.10. Графіки сферичної аберації об'єктива

На рис. 2.10 графік поздовжньої сферичної аберації з максимальним відхиленням 0,15 мм та графік поперечної з максимальним відхиленням 0,0035 мм.

Кривизна поля – це оптична аберация реальних систем, через яку зображення плоскої предметної площини формується на викривленій поверхні внаслідок астигматизму системи [23].

Астигматизм спостерігається, якщо оптична система формує зображення точки, розміщеної поза оптичною віссю лінзи. Він з'являється, коли (широкий або навіть вузький) світловий пучок поширюється під значним кутом до оптичної осі [24].

На рис. 2.11 зображено графік кривизни поля з максимальним відхиленням 0,15 мм та графік астигматизму з максимальним відхиленням 0,015 мм.

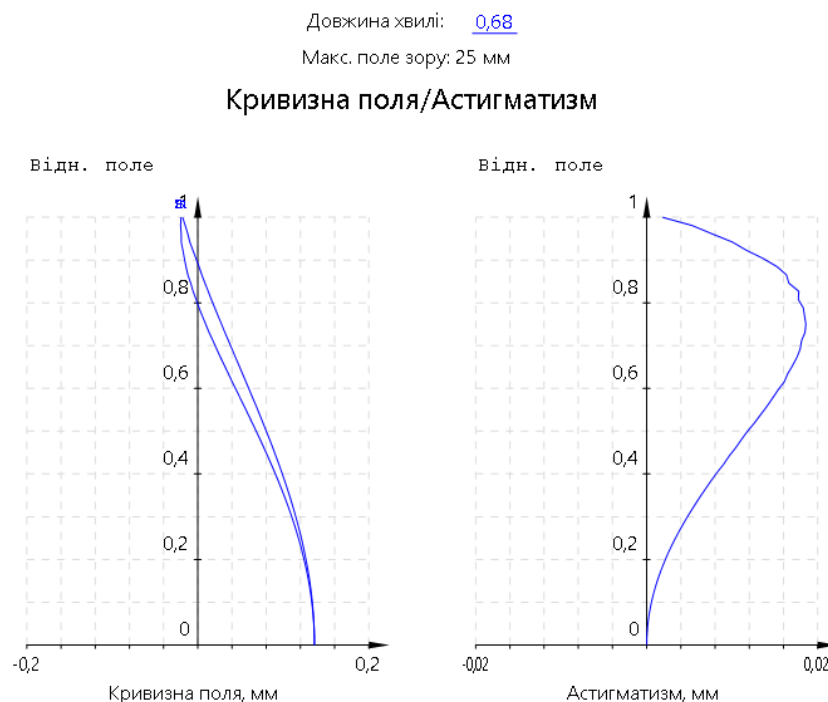


Рис. 2.11. Графіки астигматизму об'єктива

Дисторсія (від латинського *distorsio* – викривлення) відрізняється від решти абераций тим, що внаслідок її впливу не погіршується різкість зображення, а викривляється геометрія зображення. Дисторсія полягає в тому, що поперечне лінійне збільшення для різних ділянок в площині зображення неоднакове і залежить від кута між віссю пучка та оптичною віссю лінзи. Тоді

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

будь-які прямі в площині предмета, які проходять крізь оптичну вісь, зображуються також прямими, а решта прямих – кривими [24].

На рис. 2.12 представлено дисторсію сітки з максимальним відхиленням 2,1%, яка демонструє викривлення поля зображення розміром 35,36 мм на 14,24 мм. На рис. 2.13 показано графік дисторсії з максимальним відхиленням 2,1%.

Довжина хвилі: 0,68 мкм; Масштабний коефіцієнт: 1 ×
Розмір сітки поля/зображення: 35,36 мм/14,24 мм
Максимальна дисторсія: 2,111%
Дисторсія сітки

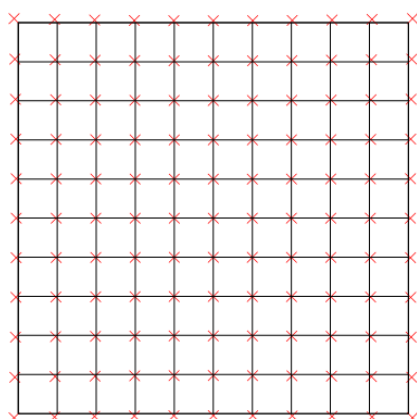


Рис. 2.12. Дисторсія сітки

Довжина хвилі: 0,68
Макс. поле зору: 25 мм

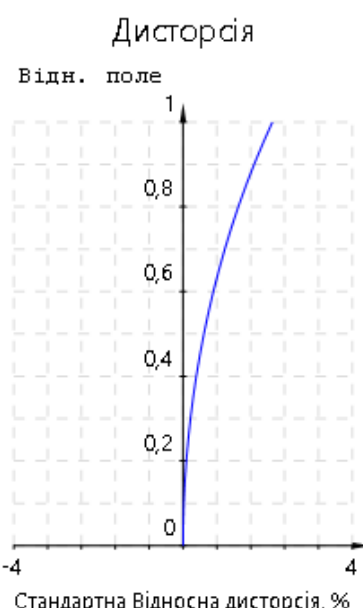


Рис. 2.13. Графік дисторсії

Кома з'являється тоді, коли зображення точки формується широким пучком, нахиленим до оптичної осі. Іноді кому розглядають як різновид сферичної аберації для променів, що не проходять крізь оптичну вісь лінзи або системи лінз [24].

На рис. 2.14 представлено класичну точкову діаграму, яка демонструє аберацію коми для п'яти точок полів з максимальним радіусом 18,218 мм.

На рис. 2.15 розміщено точкову діаграму з дефокусуванням для п'яти точок полів, яка демонструє аберацію коми зі зміщенням вздовж оптичної осі на відстань $\pm 0,15$ мм.

Довжина хвилі: +0,68

Відлікова точка:Центроїд

Класична точкова діаграма

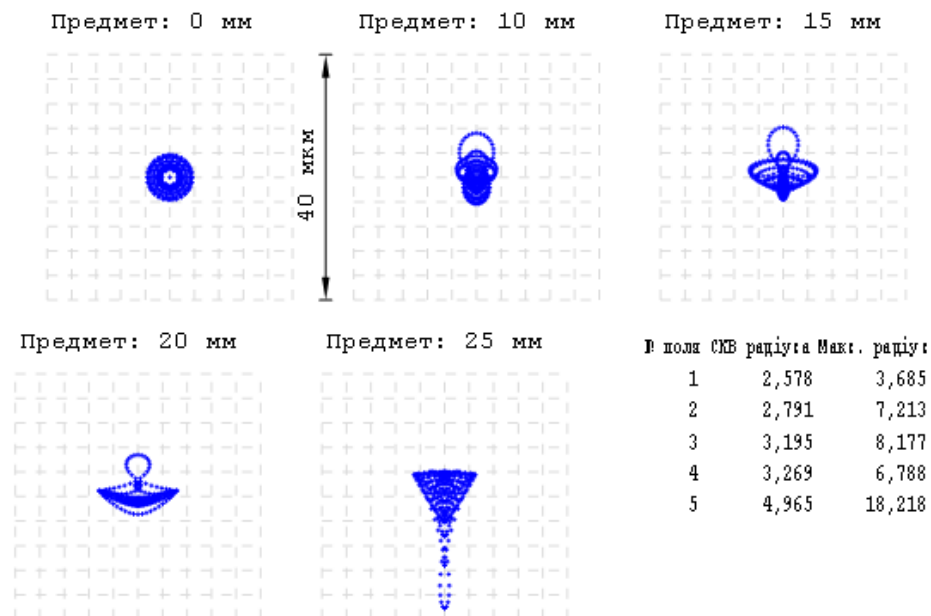


Рис. 2.14. Класична точкова діаграма об'єктива

Довжина хвилі: +0,68

Відлікова точка:Центроїд

Точкова діаграма з дефокусуванням

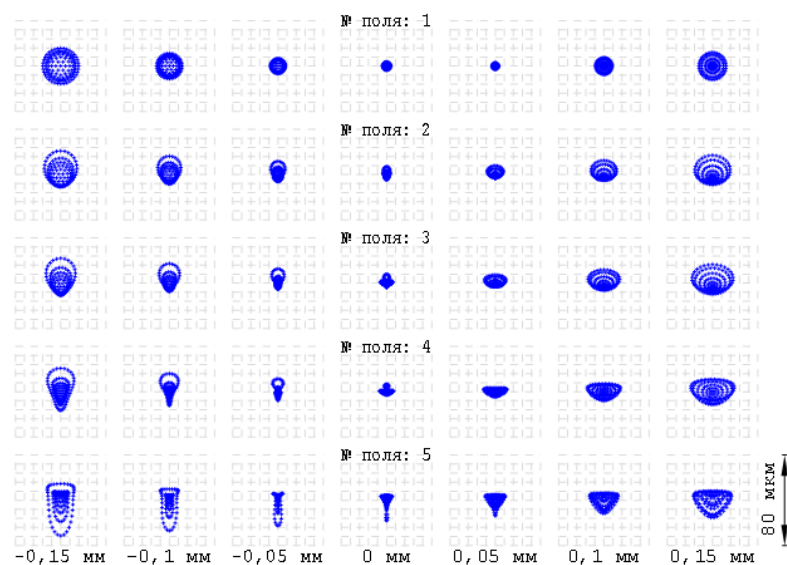


Рис. 2.15. Точкова діаграма з дефокусуванням об'єктива

Функція концентрації енергії – визначає частку світлової енергії, що потрапляє в коло заданого радіуса в площині зображення. Вона використовується для оцінки різкості фокусування [25].

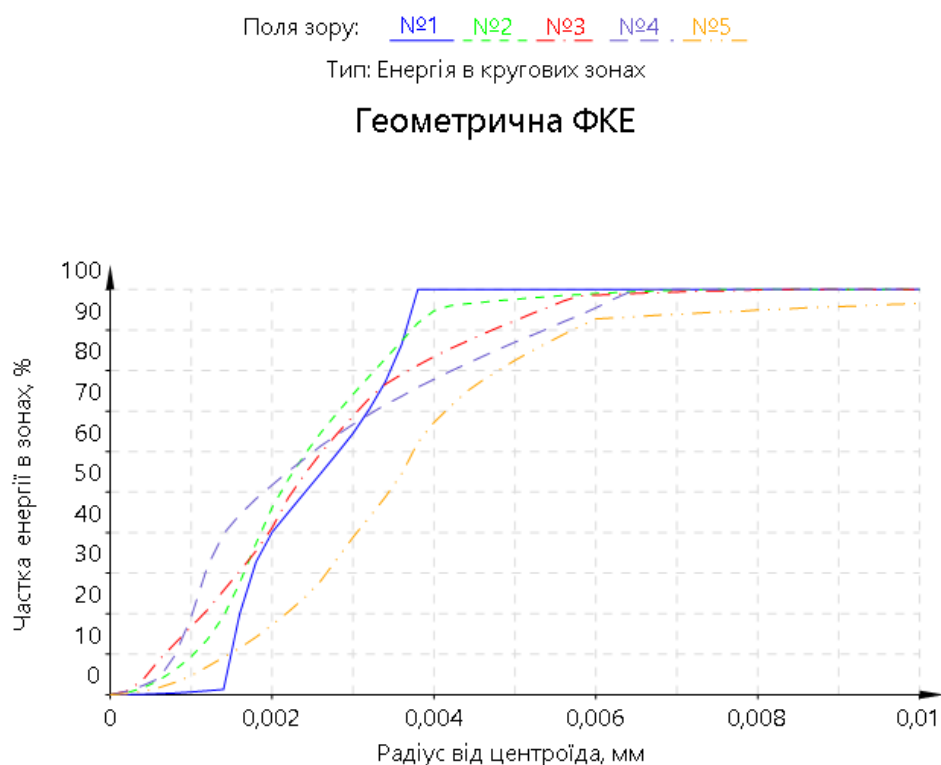


Рис. 2.16. Графік геометричної функції концентрації енергії

Хвильова аберація – це деформація хвильового фронту після його проходження через оптичну систему, що виникає внаслідок порушення системою гомоцентричності пучка променів [26].

На рис.2.17 зображено деформацію хвильового фронту з розмахом $0,3316 \lambda$.

Довжина хвилі: 0,68 мкм; № поля: 1
 Перепад = 0,3316 λ , СКВ = 0,09098 λ
 Діаметр вихідної зіниці: 7,3298 мм

Поверхня ФДХФ

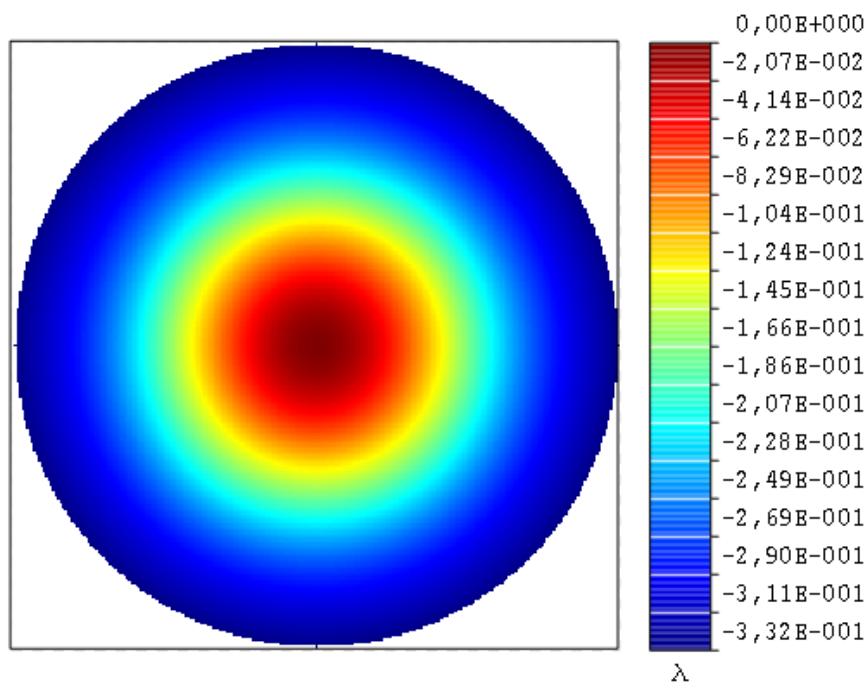


Рис. 2.17. Поверхня функції деформації хвильового фронту

Функція розсіювання точки – це математична характеристика, що описує, як оптична система розмиває зображення [26].

На рис.2.18 показано графік з чітко вираженим піком з мінімальним розмиттям по осях X та Y.

№ поля: 1; Довжина хвилі: 0,68 мкм
 Вертикальний масштаб: Лінійний; Сторона: 0,11085 мм

Поверхня дифракційної ФРТ

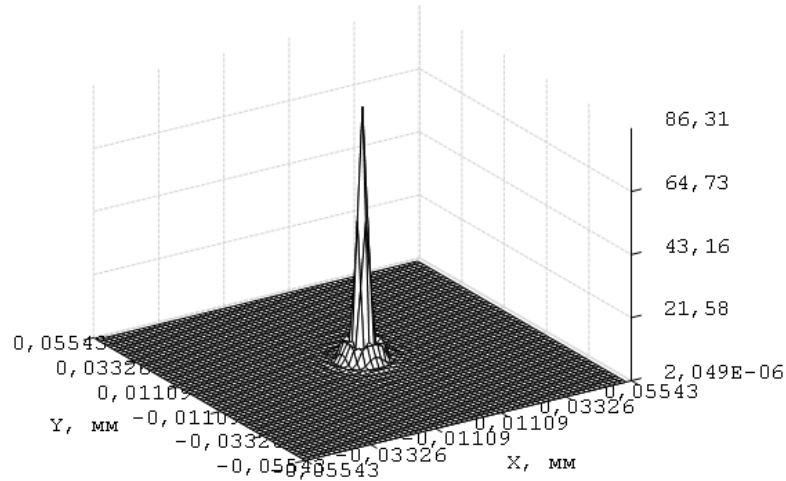


Рис. 2.18. Поверхня функції розсіювання точки

На рис.2.19 представлений графік середньоквадратичного радіуса плями, він показує, як збільшується розмір плями в міру віддалення від центру оптичної осі до краю поля зору.

Довжина хвилі: 0,68 Полі
 Відлікова точка: Центроїд

СКВ радіуса плями від поля

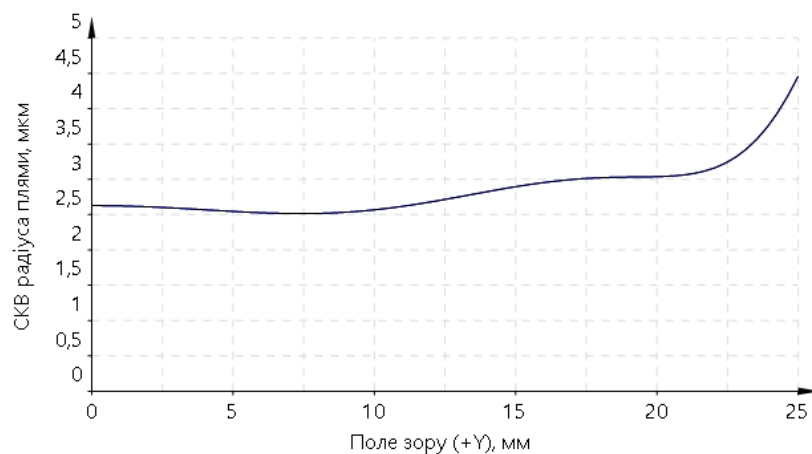


Рис. 2.19. Графік СКВ радіуса плями від поля

						Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оптично передавальна функція – дає можливість оцінити здатність системи відтворювати сигнал об’єкта з різними просторовими частотами [27]. Простими словами – це здатність оптичної системи передавати деталі об’єкта. Низька просторова частота – це здатність передавати великі однорідні ділянки. Висока просторова частота – це здатність передавати дрібні деталі.

Довжина хвилі: 0,68 мкм; Переріз: Меридіональн. Сагітальн.

Поля зору: №1 №2 №3 №4 №5

Елемент ОПФ: Модуляційна передавальна функція (МПФ)

Дифракційна ОПФ від частоти

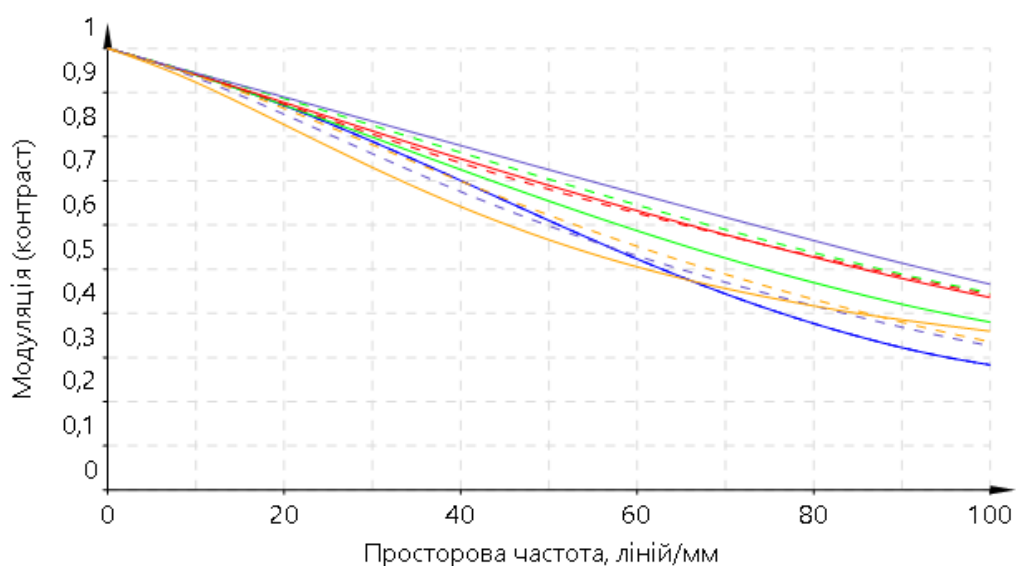


Рис. 2.20. Графік дифракційної оптично передавальної функції від частоти

На рис.2.20 зображено графік з плавним падінням контрасту зі зростанням просторової частоти.

Довжина хвилі: 0,68 мкм; Переріз: Меридіональн. Сагітальн.

Просторова частота, ліній/мм: 30 50 80

Елемент ОПФ: Модуляційна передавальна функція (МПФ)

Дифракційна ОПФ від поля

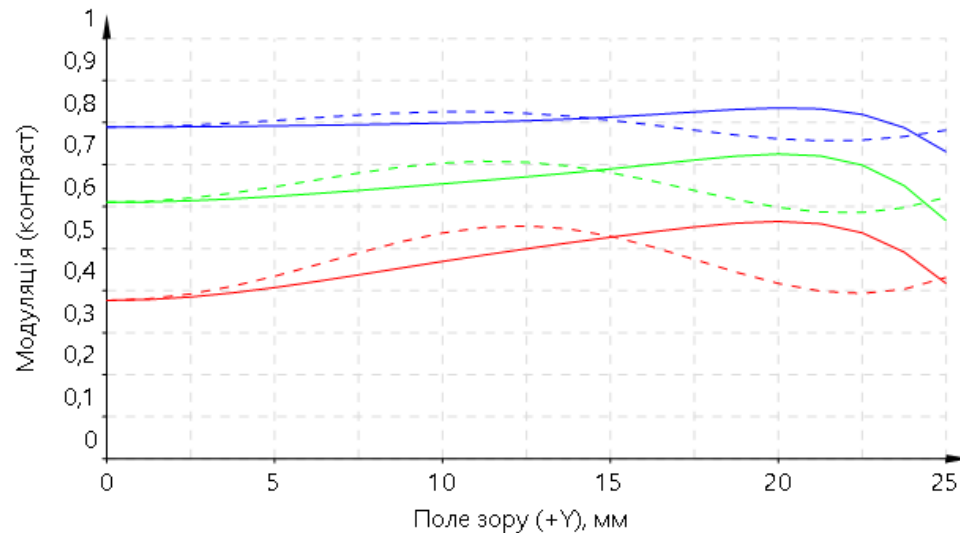


Рис. 2.21. Графік дифракційної оптично передавальної функції від поля

На рис.2.21 показано графік з плавним падінням контрасту зі зростанням просторової частоти, та відносно рівномірний контраст у різних точках вильєтування.

2.3 Енергетичний розрахунок

Проведемо енергетичний розрахунок для визначення освітленості.

Для розрахунку необхідно задатись такими величинами як, коефіцієнтом відбиття елемента штрихкоду. Врахуємо, що штрихи коду складаються з світлих і темних елементів, а тому мають різні коефіцієнти відбиття, що задані в технічному завданні: для світлих $\rho_c = 0,9$, а для темних $\rho_t = 0,1$. Енергетичний розрахунок виконаємо для двох випадків.

Для необхідного освітлення використаєм світлодіод QTN021716-E0W LED680L [28].

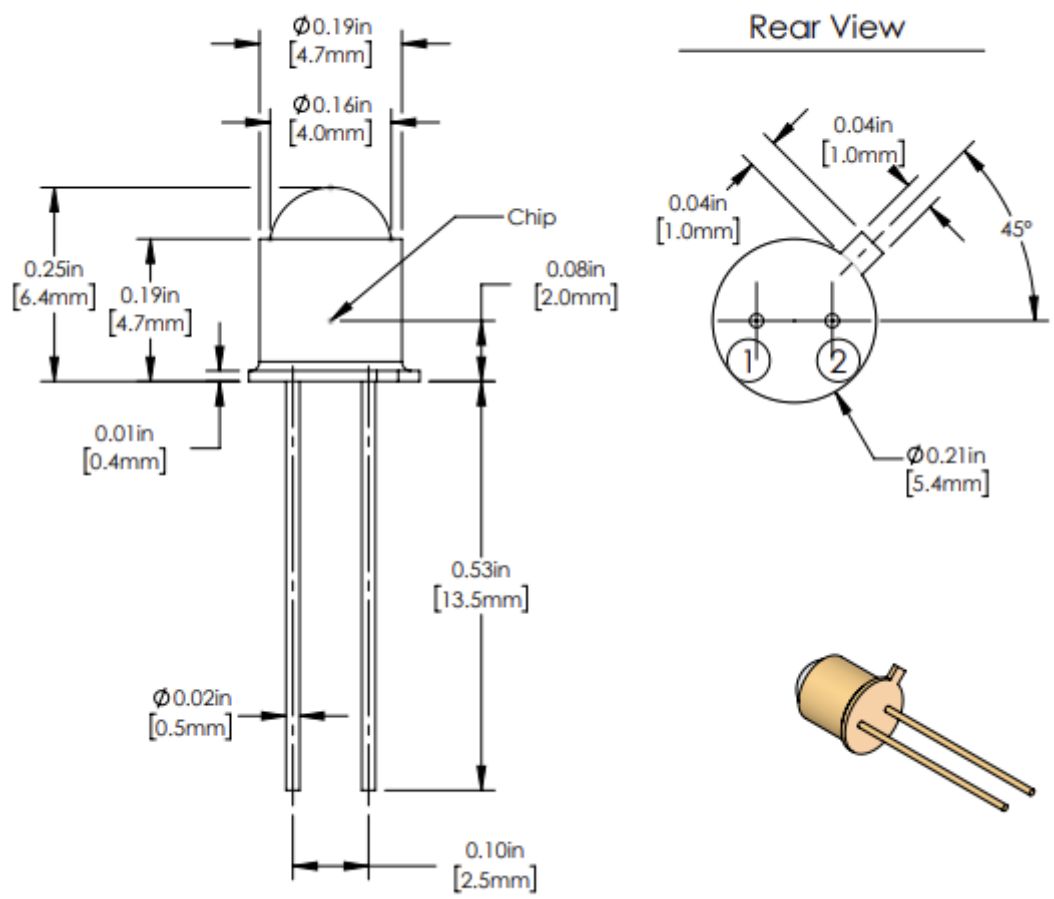


Рис. 2.21 Габаритні розміри світлодіода QTN021716-E0W LED680L [28]

Таблиця 2.2 Характеристики світлодіода QTN021716-E0W LED680L [29]

Item #	Wavelength ^{a,b}	Optical Power ^a	Spectral FWHM ^a	Viewing Half Angle ^a	Max DC Forward Current ^c	Package
LED680L	680 nm	8 mW (at 50 mA)	16 nm	20°	75 mA	TO-18

Знайдемо площу, яку освітлює світлодіод, нехай відстань від світлодіода до штрихкоду $L=30$ мм, з технічних характеристик кут розбіжності світлодіода на $\alpha = 20^\circ$, $\varepsilon = 50^\circ$ (табл. 2.2).

$$r = L * \operatorname{tg} \alpha = 30 * \operatorname{tg} 20^\circ \approx 11 \text{ мм}, D = 2 * r = 22 \text{ мм}.$$

$$A_2 = \frac{\pi D^2}{4 \cos \varepsilon} = \frac{\pi * 22^2}{4 \cos 50^\circ} = 600 \text{ мм}^2 = 6 * 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Розрахуємо силу випромінювання для початку знайдемо тілесний кут:

$$\Omega = 2\pi(1 - \cos \alpha) = 2\pi * (1 - \cos 20^\circ) = 0,38 \text{ ср.}$$

З технічних характеристик світловий потік світлодіода $\Phi_e=0,008$ Вт (табл. 2.1).

Розрахуємо значення освітленості в площині розташування штрихкоду [21]:

$$E_1 = \frac{N * \tau_{zc} * \Phi_e}{A_2} = \frac{2 * 0,94 * 0,008 \text{ Вт}}{6 * 10^{-4} \text{ м}^2} = 25,06 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2},$$

де $N=2$ – кількість світлодіодів;

τ_{zc} – коефіцієнт пропускання захисного скла = 0,94;

Розрахуємо значення коефіцієнта пропускання оптичної системи [22]:

$$\tau_{oc} = \tau_\phi \tau_v \tau_n,$$

де τ_ϕ – френелівські втрати (коефіцієнт світлопропускання поверхонь, що заломлюють);

$$\tau_\phi = (1 - \rho)^n = (1 - 0,01)^6 \approx 0,94.$$

ρ – коефіцієнт відбиття межі розділу двох діелектричних середовищ. Оскільки всі поверхні мають просвітлююче покриття, нехай $\rho = 0,01$; $n=6$ – кількість поверхонь, що заломлюють.

						Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

τ_B – втрати на відбиття (коефіцієнт пропускання відбиваючих поверхонь), оскільки зеркал у оптичній системі немає $\tau_B = 1$.

τ_Π – втрати на поглинання (коефіцієнт пропускання оптичних середовищ):

$$\tau_\Pi = e^{-a \cdot D} = e^{-0,01 \cdot 1,46} = 0,985,$$

де $a = 0,01$ коефіцієнт поглинання оптичного середовища;

$D = 1.46$ см, довжина оптичної системи.

$$\tau_{oc} = \tau_\Phi \tau_B \tau_\Pi = 0.94 * 1 * 0.985 = 0.9259.$$

Знайдемо сигнал на виході приймача:

$$U_c = E' * S_p * T_H.$$

Де S_p реальна чутливість лінійки $S_p = 1080 \frac{\frac{B}{Дж}}{см^2}$ визначили з (рис. 2.4);

$$T_H = \frac{n_{пикс}}{f} = \frac{2048}{50 * 10^6 \text{ Гц}} = 4,096 * 10^{-5} \text{ с.}$$

Час насичення пікселя, $n_{пикс}$ та f берем з характеристик ПЗЗ (табл. 2.2);

$$U_c = 25,06 \frac{Вт}{м^2} * 10,8 \frac{\frac{В}{мкДж}}{см^2} * 4,096 \text{ с} = 1,11 \text{ В.}$$

Знайдемо напругу шуму:

$$U_{ш} = 0,1 * T_H = 0,1 * 4,096 * 10^{-5} \text{ с} = 4 * 10^{-6} \text{ В.}$$

Розрахуємо сигнал-шум приладу [30]:

$$\mu_\Pi = \frac{U_c}{U_{ш}} = \frac{1,11 \text{ В}}{4 * 10^{-6} \text{ В}} = 2,775 * 10^5 \text{ ДБ.}$$

						Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.3 Характеристики приймача зображень “Atmel Linear CCD TH7814A” [17]

Parameter	Symbol	Value			Unit	Remarks
		Min	Typ	Max		
Saturation Output Voltage	V_{SAT}	1.65	2	3	V	
Responsivity	R	7.5	8.5		V/ μ J/cm ²	
Responsivity Unbalance			2	5	%	
Photo Response Non Uniformity Peak-to-peak	PRNU		± 5	± 10	% V_{OS}	$\bar{V}_{OS} = 50$ mV to 1.5V
Dark Signal	DS		0.1	0.4	mV/ms	
Dark Signal Non Uniformity (1σ)	DSNU			0.1	mV/ms	
Temporal RMS Noise in Darkness	V_N		300		μ V	
Dynamic Range	DR	5,500	6,600			
CTF	CTF		65		%	
LAG	LAG			1	%	
Charge Transfer Inefficiency (per stage)	HCTI			$8 \cdot 10^{-5}$		

Висновки до другого розділу

1. В даному розділі обґрунтовано схему та принцип дії сканера, який базується на взаємодії джерела світла (світлодіода), оптичної системи, фотоприймача (ПЗЗ-лінійки) та мікропроцесора.
2. За результатами габаритного розрахунку отримано параметри проєкційної оптичної системи та проведений синтез та оптимізація у програмі PODIL, що дозволило отримати якісну систему.
3. У результаті проведеного енергетичного розрахунку були знайдені параметри, важливі для якісної роботи приладу: освітленість, коефіцієнт пропускання оптичної системи та сигнал-шум приладу.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБЛЕННЯ 3D-МОДЕЛІ ПРИЛАДУ

Для проектування тривимірних моделей та компонування приладу була використана САПР-система SolidWorks.

3.1 Побудова моделі лінз та оптичної системи

Для побудови лінз їх радіуси, повні діаметри які було округлено за ГОСТ 6636-69 з урахуванням світлових діаметрів було взято з (рис. 2.2). Також за цими характеристиками було підібрано фаски для кожної з лінз. Для кращого розуміння використаємо скло як матеріал.

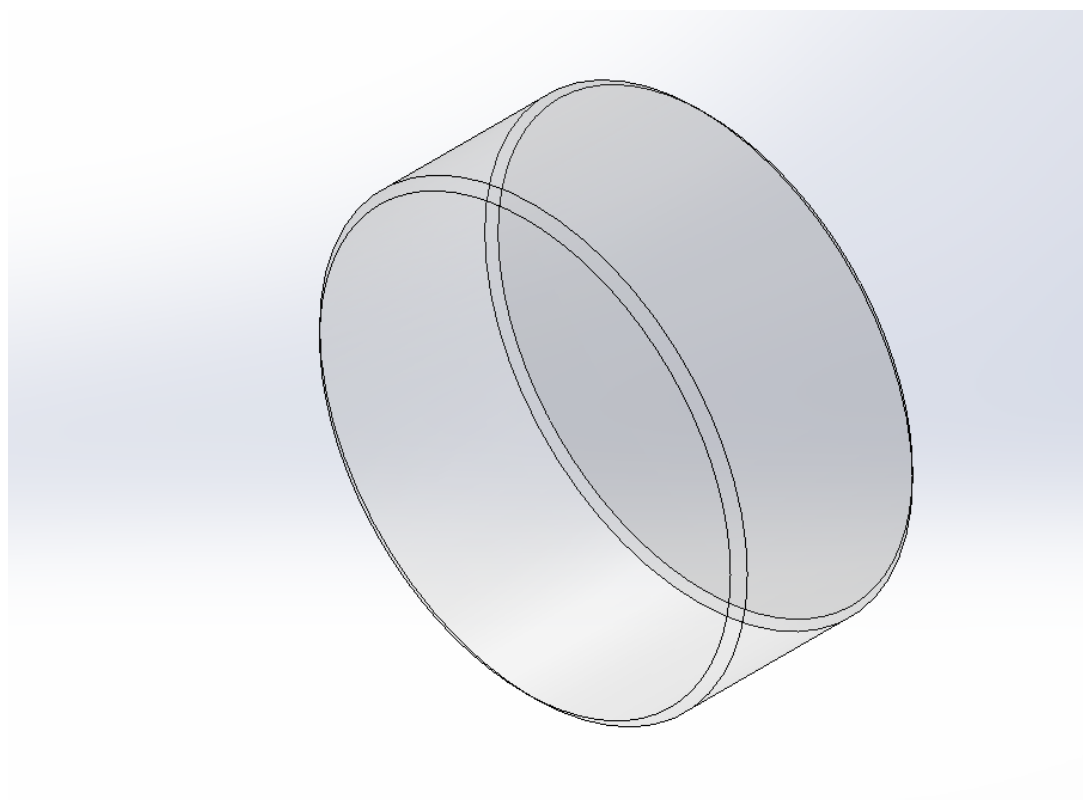


Рис. 3.1. 3D-модель лінзи

Для створення оптичної системи, використано створені моделі лінз та відстані між ними (рис. 2.2), для кращого розуміння оптичної системи для рисунку було позначено лінзи різними кольорами.

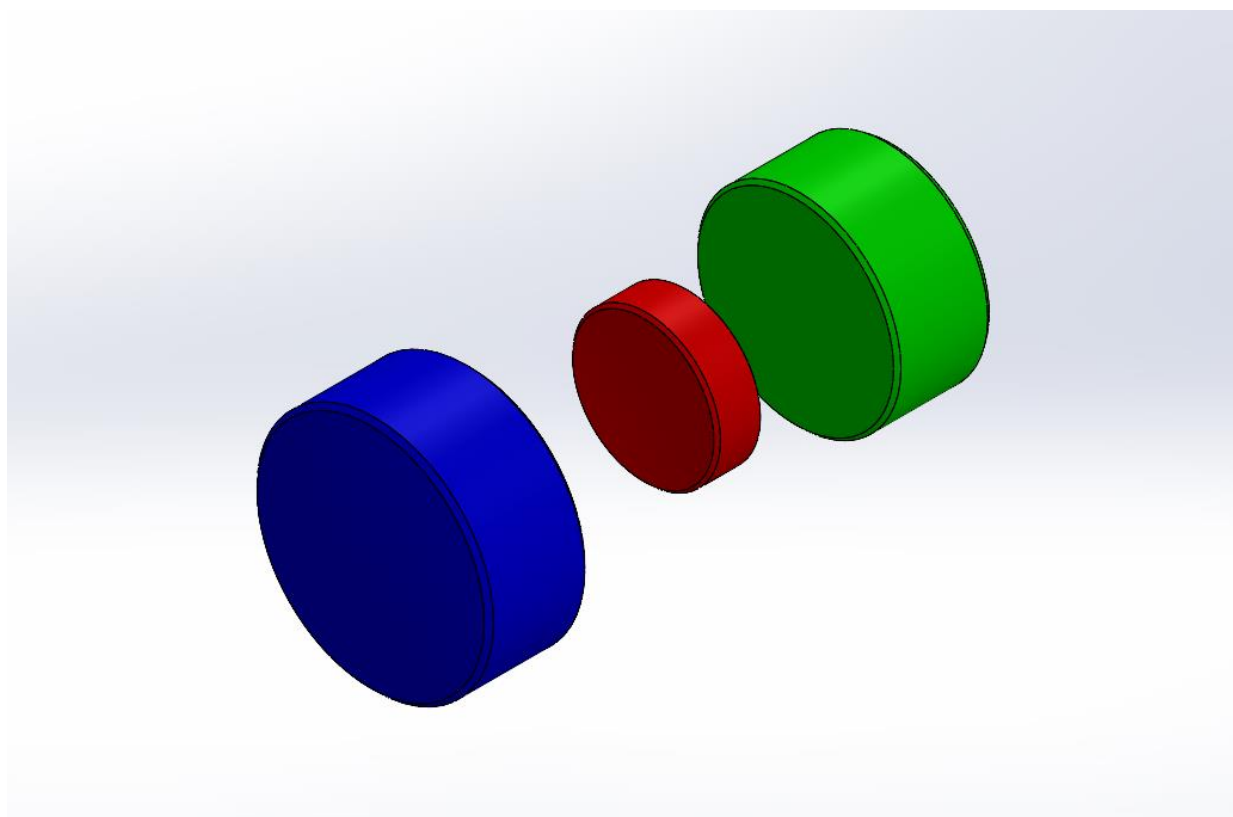


Рис. 3.2. 3D-модель оптичної системи

3.2 Розроблення моделі оправы об'єктива та складання об'єктива

Для розроблення оправы об'єктива (рис. 3.3) була використана 3D-модель оптичної системи навколо якої і будувалась оправа. Для закріплення лінз, розроблено 2 різьбових кільця (рис. 3.4) та проміжне (рис. 3.5) для їх кріплення у оправі були використанні метричні різьби.

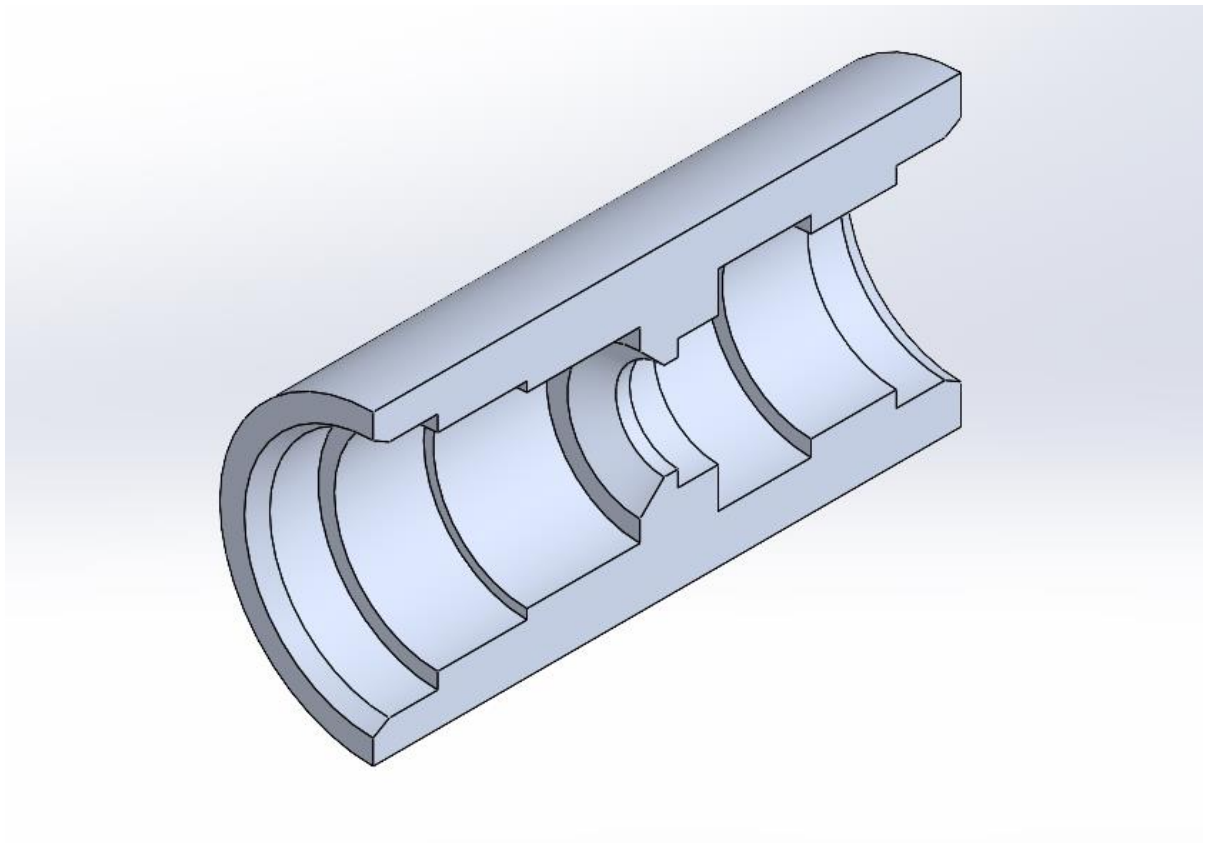


Рис. 3.3. Поздовжній розріз 3D-моделі оправы об'єктива

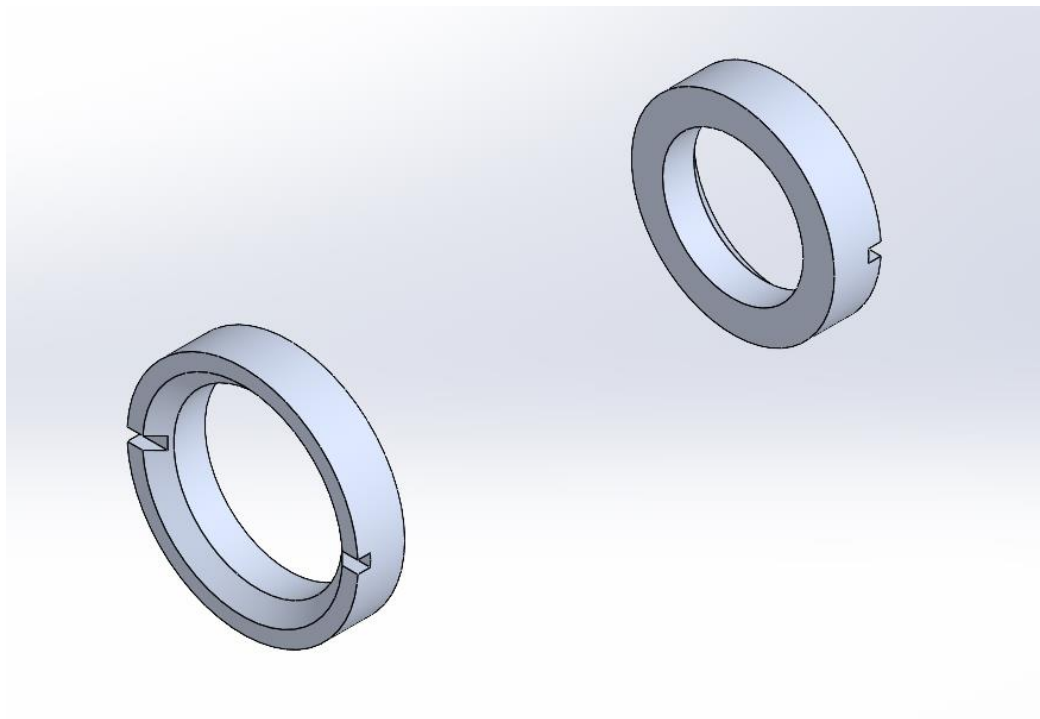


Рис. 3.4. 3D-моделі різьбових кілець

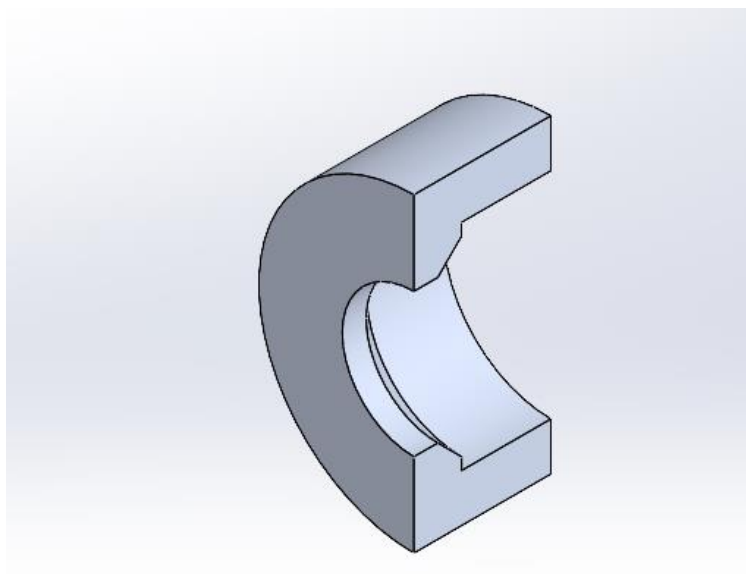


Рис. 3.5. Поздовжній розріз 3D-моделі проміжного кільця

Для збірки об'єктива були використані раніше названі моделі (рис. 3.6).

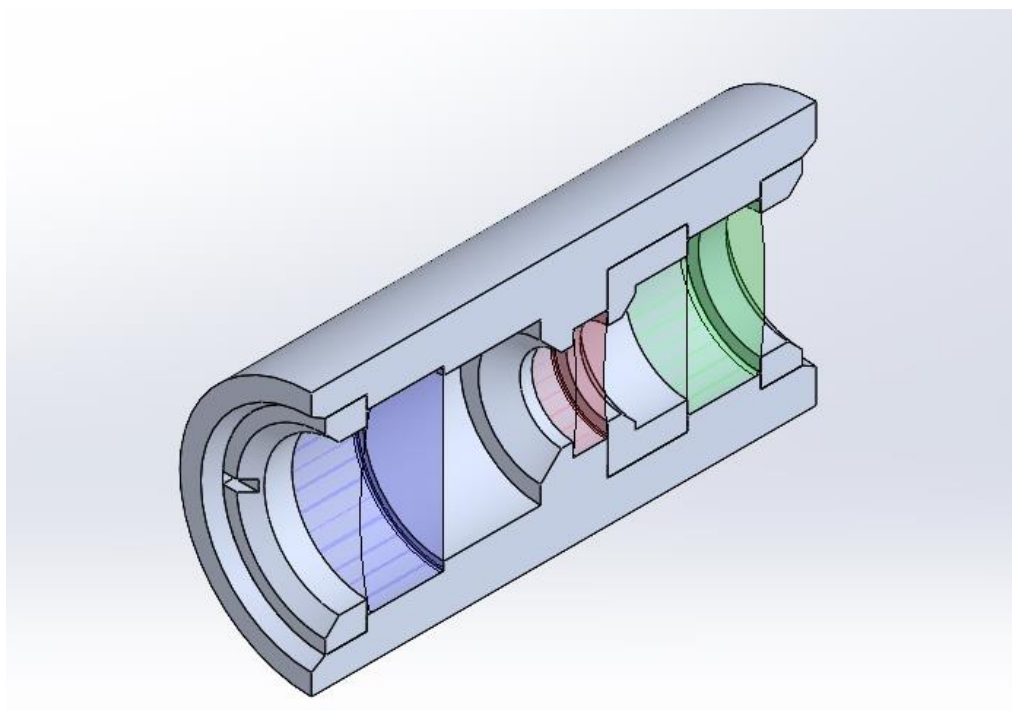


Рис. 3.6. Поздовжній розріз 3D-моделі об'єктива

3.3 Побудова моделей компонентів

До інших виробів входять вироби які купуються, для нашого виробу це плата керування сканером, плата фотоприймача, тактова кнопка, лінійний фотоприймач Atmel Linear CCD TH7814A, п'єзоелектричний зумер, світлодіод QTN021716-E0W LED680L, захисне скло та гвинти які взято з каталогу SolidWorks. Моделі цих виробів було спрощено до габаритних розмірів.

З метою оптимізації процесу моделювання було об'єднано в єдину модель такі вироби як, плата керування сканером позначена зеленим кольором та п'єзоелектричний зумер (рис.3.7), плата фотоприймача та лінійний фотоприймач (рис.3.8).

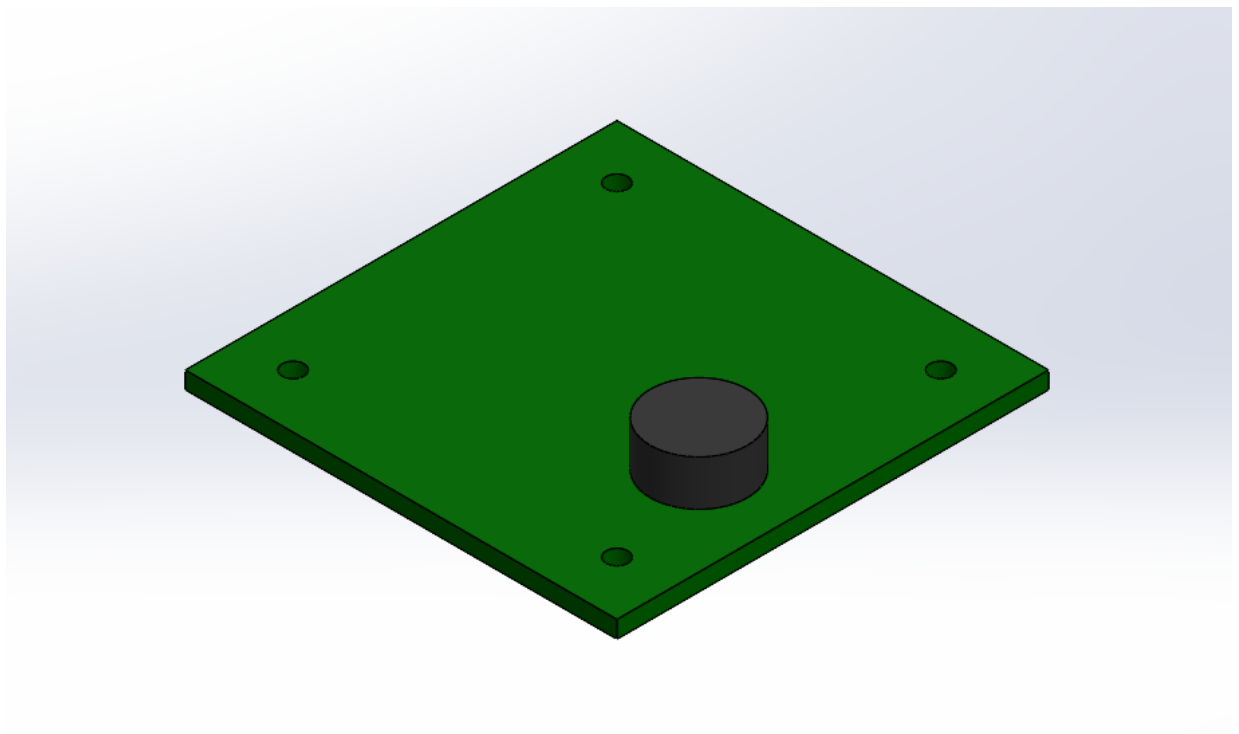


Рис. 3.7 3D-модель плати керування сканером з п'єзоелектричним зумером

						Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Габаритні розміри лінійної ПЗЗ-матриці взято з рисунка 2.2.

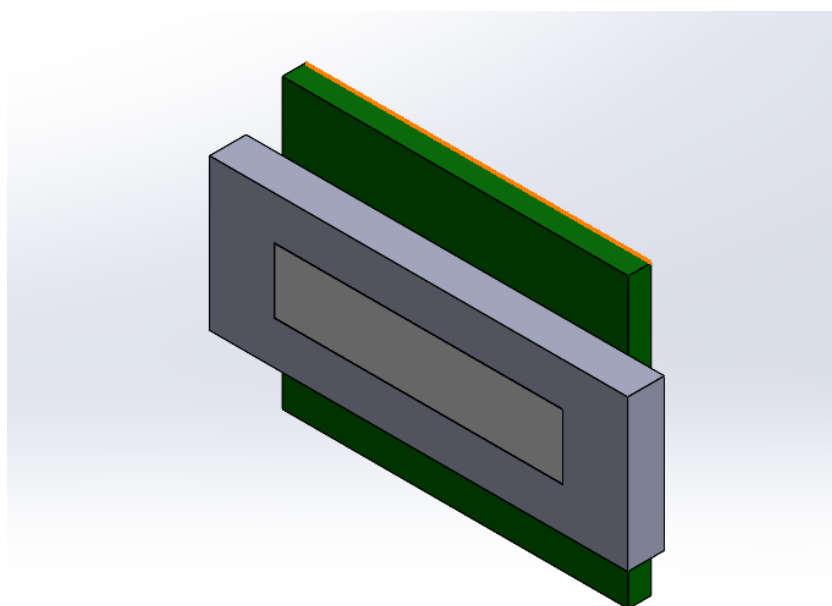


Рис. 3.8 3D-модель плати фотоприймача з лінійним фотоприймачем

Для зручнішого натискання на кнопку, розроблена накладка на кнопку для збільшення площі натискання (рис.3.9).

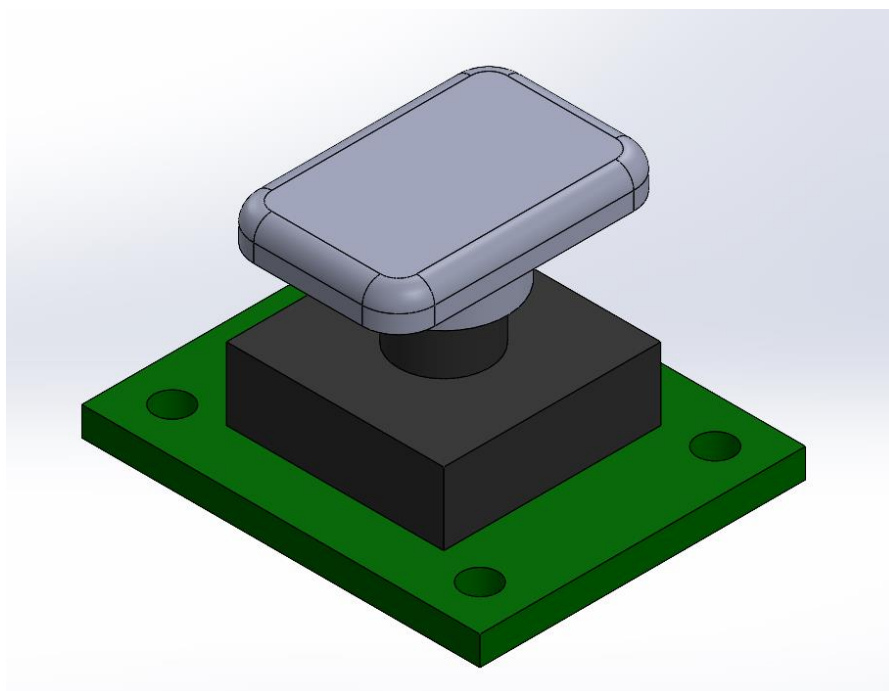


Рис. 3.9 3D-модель тактової кнопки з накладкою

						Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Габаритні розміри світлодіода взято з рисунка 2.21.

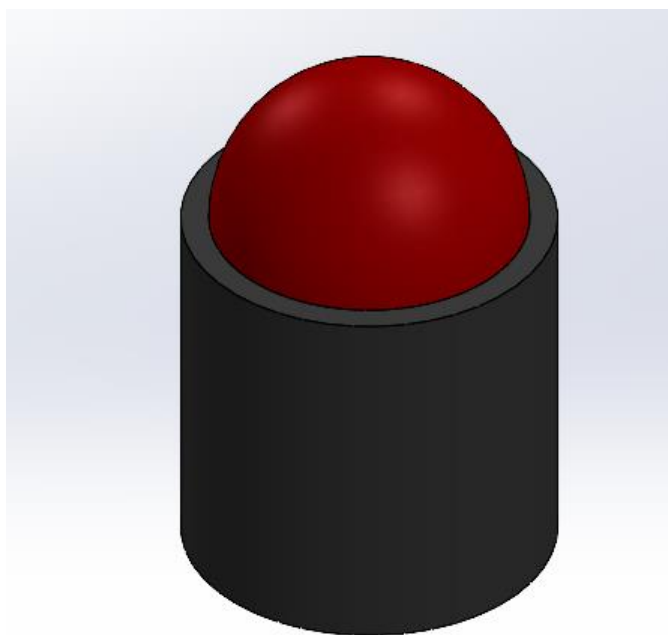


Рис. 3.9 3D-модель світлодіода QTN021716-E0W LED680L

Захисне скло виготовлене з полікарбонату товщиною 2 мм (рис.3.9).

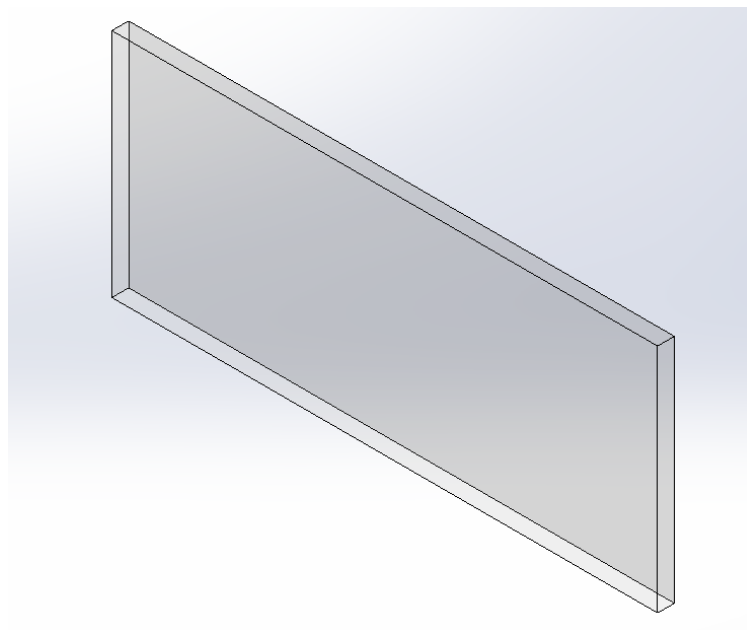


Рис. 3.9 3D-модель захисного скла

3.3 Розроблення моделі корпусу сканера

Проаналізувавши будову існуючих сканерів, розроблено модель сканера штрихкодів який буде складатися з чотирьох деталей.

Основа корпусу це основна частина сканеру куди кріпляться більшість елементів. Дана деталь є базовим несучим елементом конструкції. Нижня частина деталі виготовлена у вигляді ергономічного руків'я. Методом виготовлення був обраний 3D-друк, а матеріалом ABS-пластик (рис. 3.10).

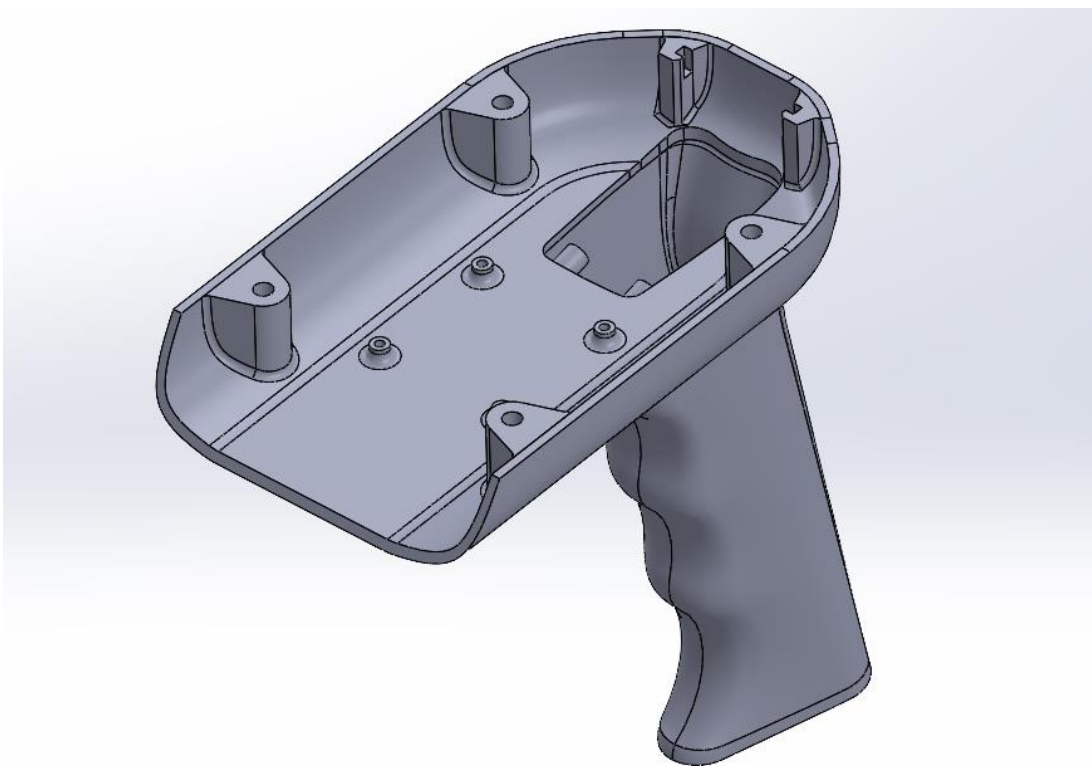


Рис. 3.10 3D-модель основи корпусу

Нарізні отвори М4×0.7 (виділені зеленим кольором) на основі корпусу використовуються для скріплення із верхньою частиною корпусу (рис.3.11).

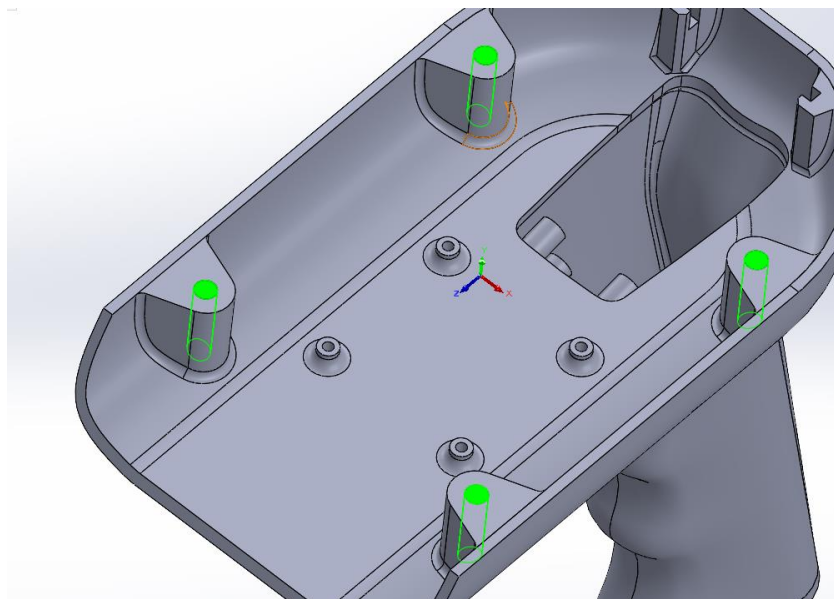


Рис. 3.11 Отвори для кріплення із верхньою частиною корпусу

Конструкційні напливи з нарізними отворами М2×0.4 (виділені зеленим кольором) для кріплення плати керування сканером (рис. 3.12).

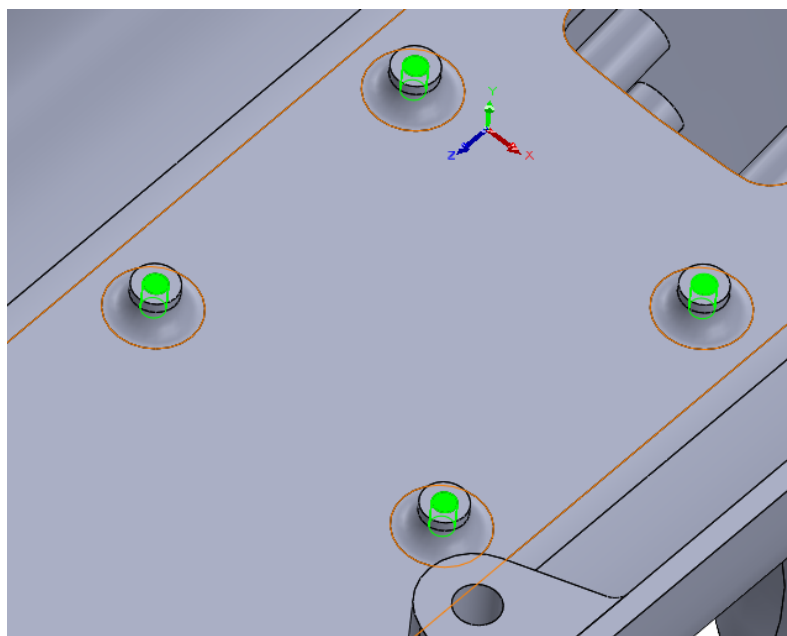


Рис. 3.12 Отвори для кріплення плати керування

						Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Конструкційні напливи з нарізними отворами M2×0.4 (виділені зеленим кольором) для кріплення кнопки (рис. 3.13).

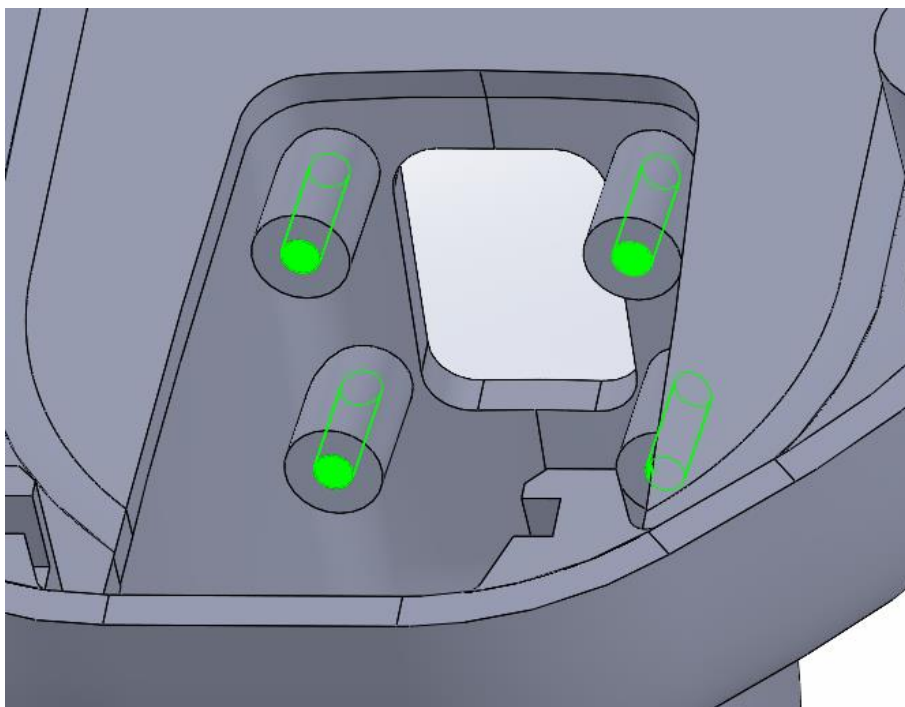


Рис. 3.13 Отвори для кріплення плати кнопки

Напрявні пази для позиціювання та фіксації фотоприймача розташовані у задній частині деталі (виділені зеленим кольором) (рис. 3.14).

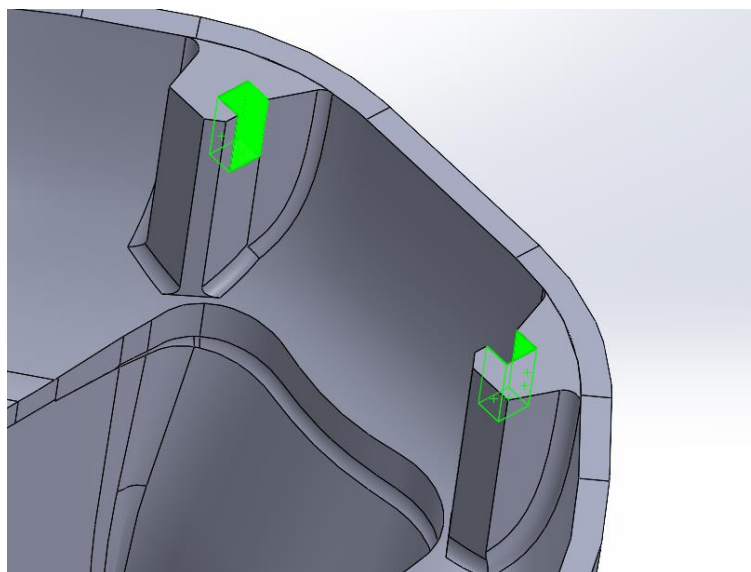


Рис. 3.14 Напрявні пази

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Отвір для встановлення кнопки розташований на верхній частині руків'я для зручного натискання (виділений зеленим кольором) (рис. 3.15).

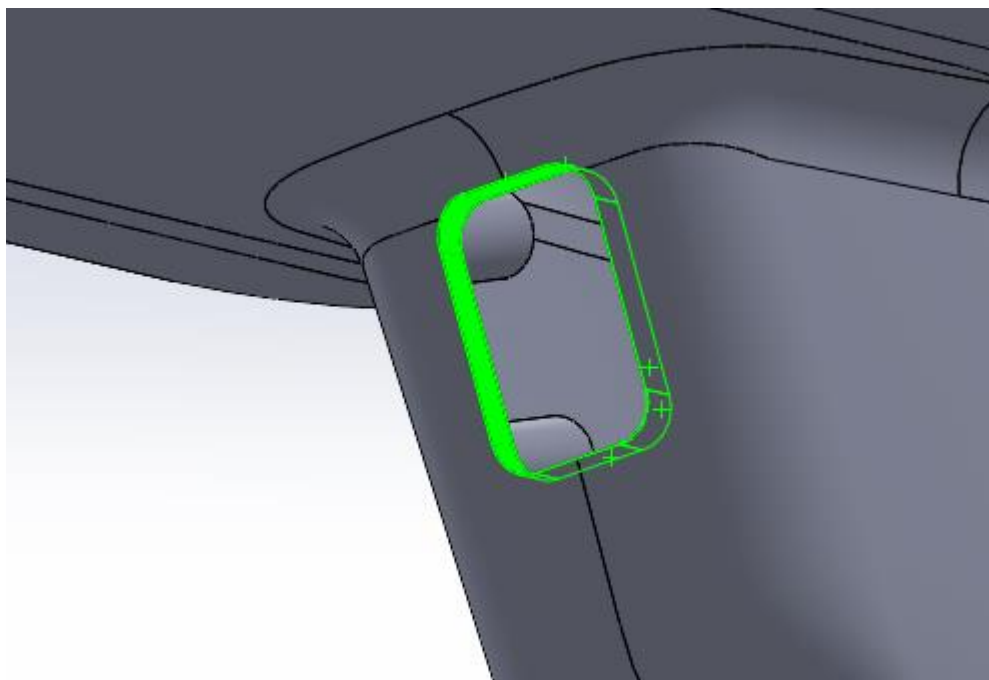


Рис. 3.15 Отвір для кнопки

Отвір для виведення кабелю знаходиться у нижній торцевій частині руків'я (виділений зеленим кольором) (рис. 3.16).

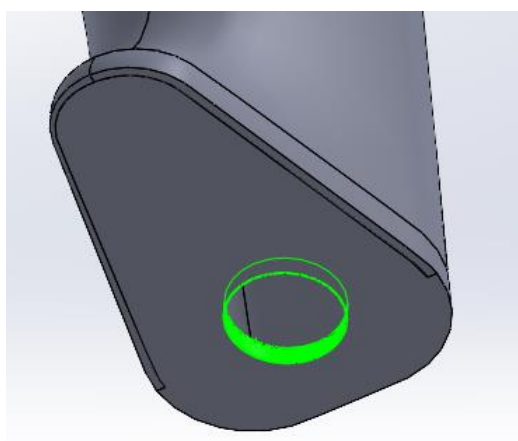


Рис. 3.16 Отвір для виведення кабелю

						Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кришка корпусу є верхньою частиною сканера яка призначена для захисту внутрішніх компонентів та оптичної системи. Вона як і основа корпусу має нарізні отвори М4×0.7 та напрямні пази для позиціювання та фіксації фотоприймача. Виготовлення 3D-друком з матеріалу ABS-пластик (рис. 3.17).

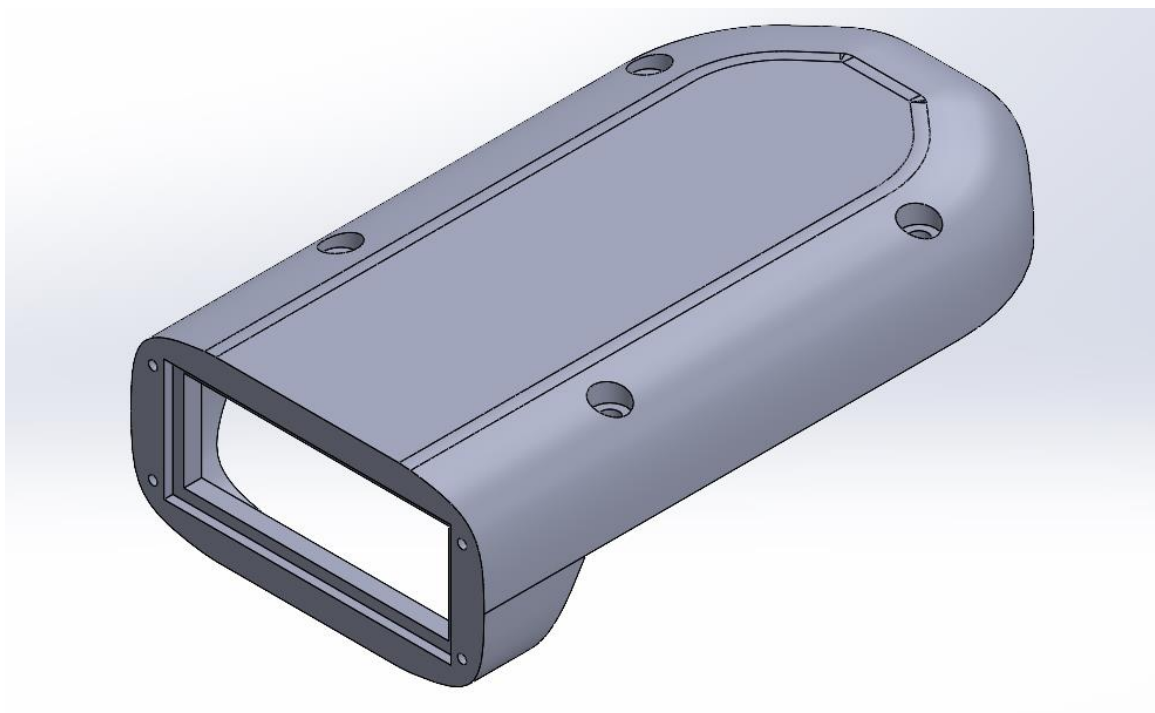


Рис. 3.17 3D-модель кришки корпусу

Нарізні отвори М2х0.4 (виділені зеленим кольором), розташовані у передній частині кришки, використовуються для кріплення прижимної пластини захисного скла (рис. 3.18) .

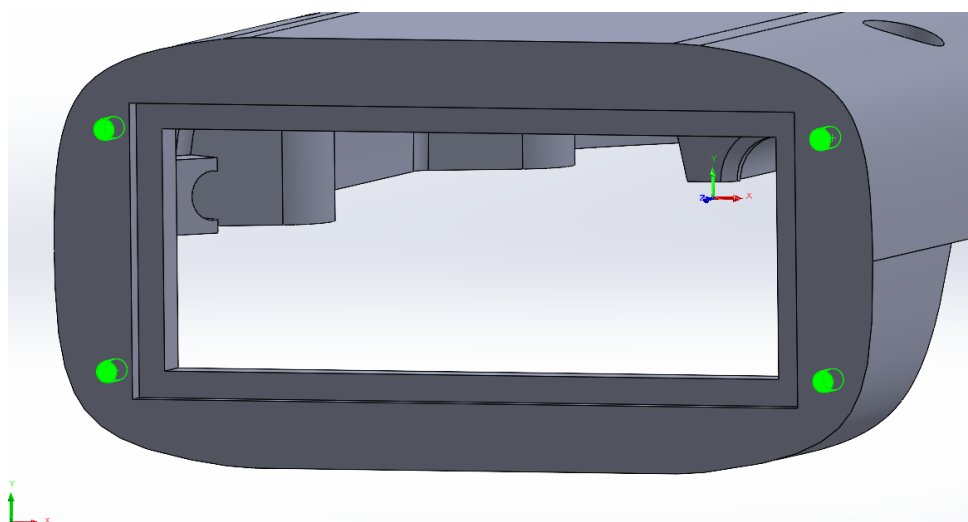


Рис. 3.18 Отвори для кріплення прижимної пластини

На внутрішній поверхні кришки розташований ложемент об'єктива призначений для його позиціонування та закріплення. Нарізні отвори M2×0.4 (виділені зеленим кольором) використовуються для кріплення прижиму об'єктива (рис. 3.19).

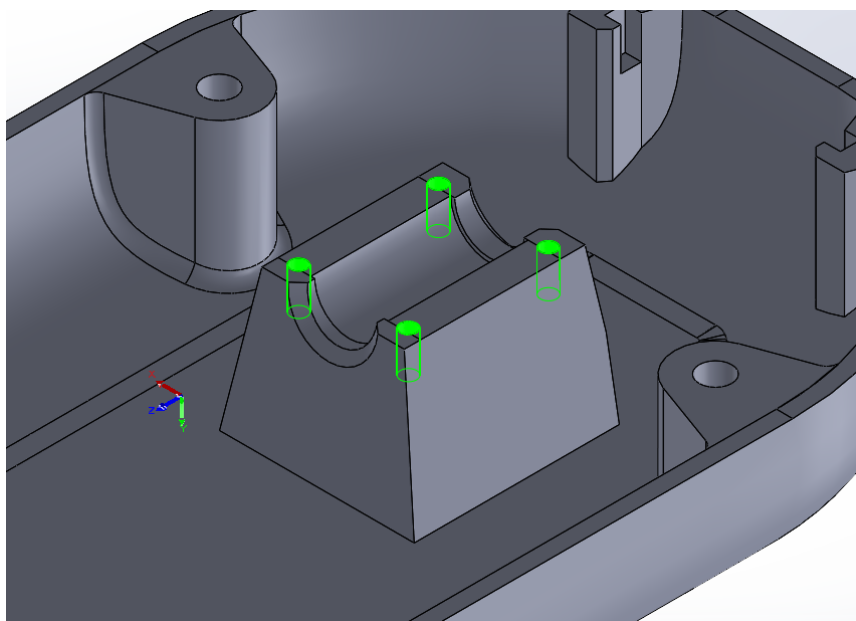


Рис. 3.19 Ложемент об'єктива

						Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На внутрішній носовій поверхні кришки розташовані посадкові місця для світлодіодів, які використовується для їх позиціонування та кріплення (рис. 3.20).

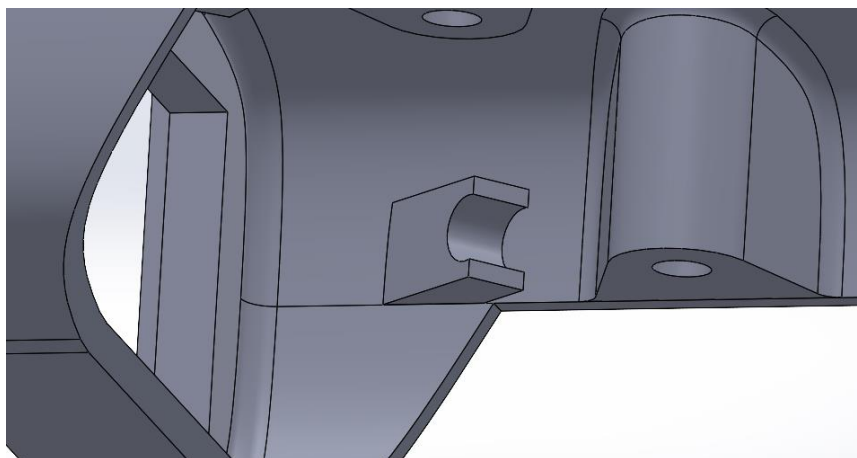


Рис. 3.20 Посадкове місце світлодіода

Прижимна пластина захисного скла використовується для кріплення захисного скла до кришки корпусу. Має нарізні отвори $M2 \times 0.4$ (виділені зеленим кольором). Метод виготовлення та матеріал аналогічний основі та кришці (рис. 3.21).

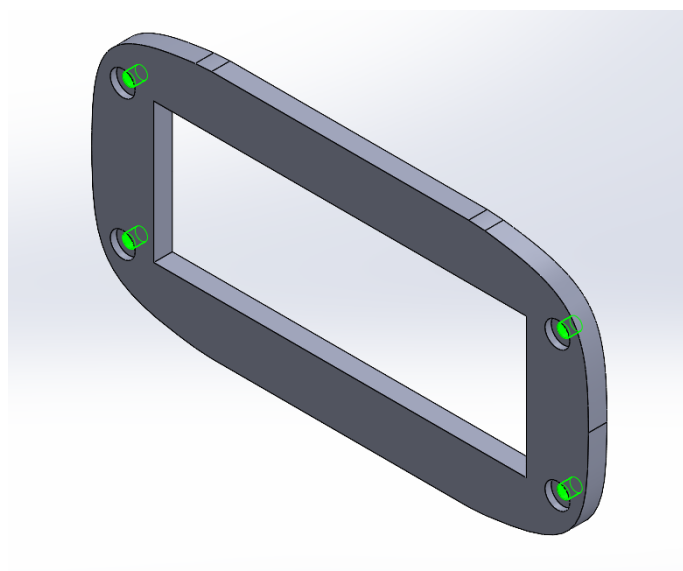


Рис. 3.21 Прижимна пластина захисного скла

Прижим об'єктива використовується для кріплення об'єктиву до кришки корпусу. Має нарізні отвори M2×0.4 (виділені зеленим кольором). Методом виготовлення був обраний 3D-друк, а матеріалом ABS-пластик (рис. 3.22).

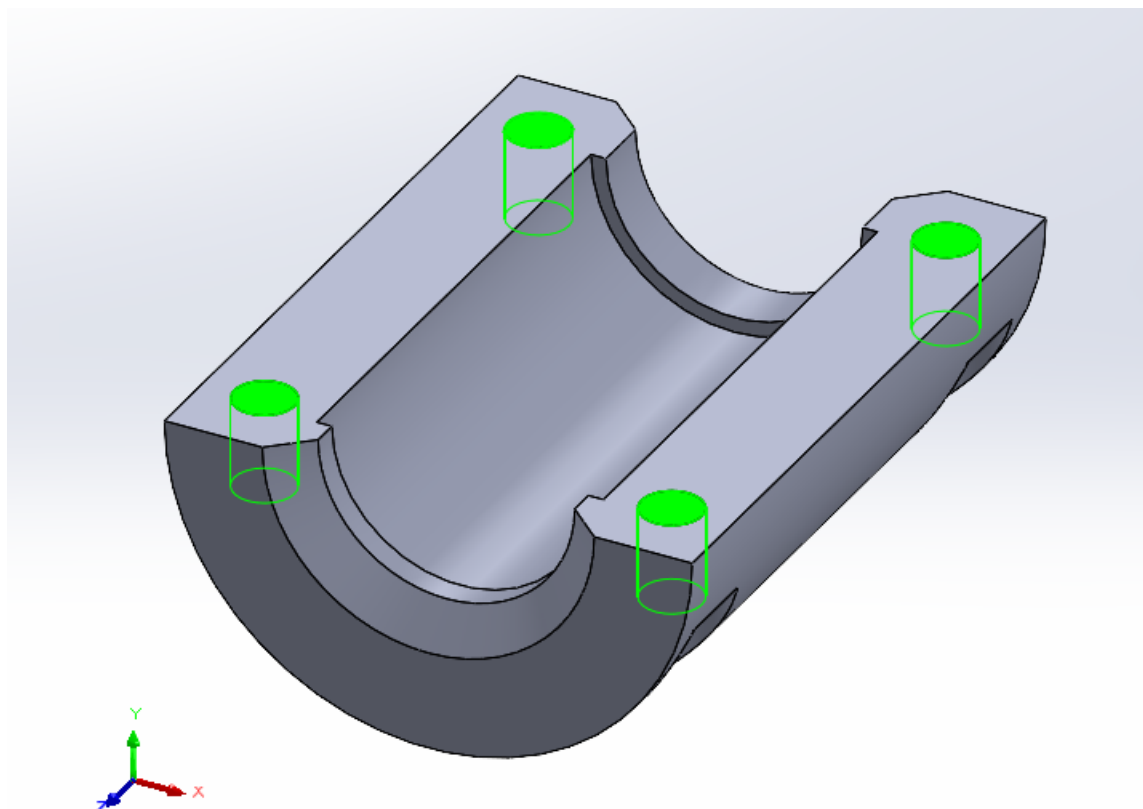


Рис. 3.22 Прижим об'єктива

3.4 Комплексне складання сканера штрихкодів

Розроблені моделі були використані при створенні комплексного складання сканера штрихкодів (рис. 3.23).

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

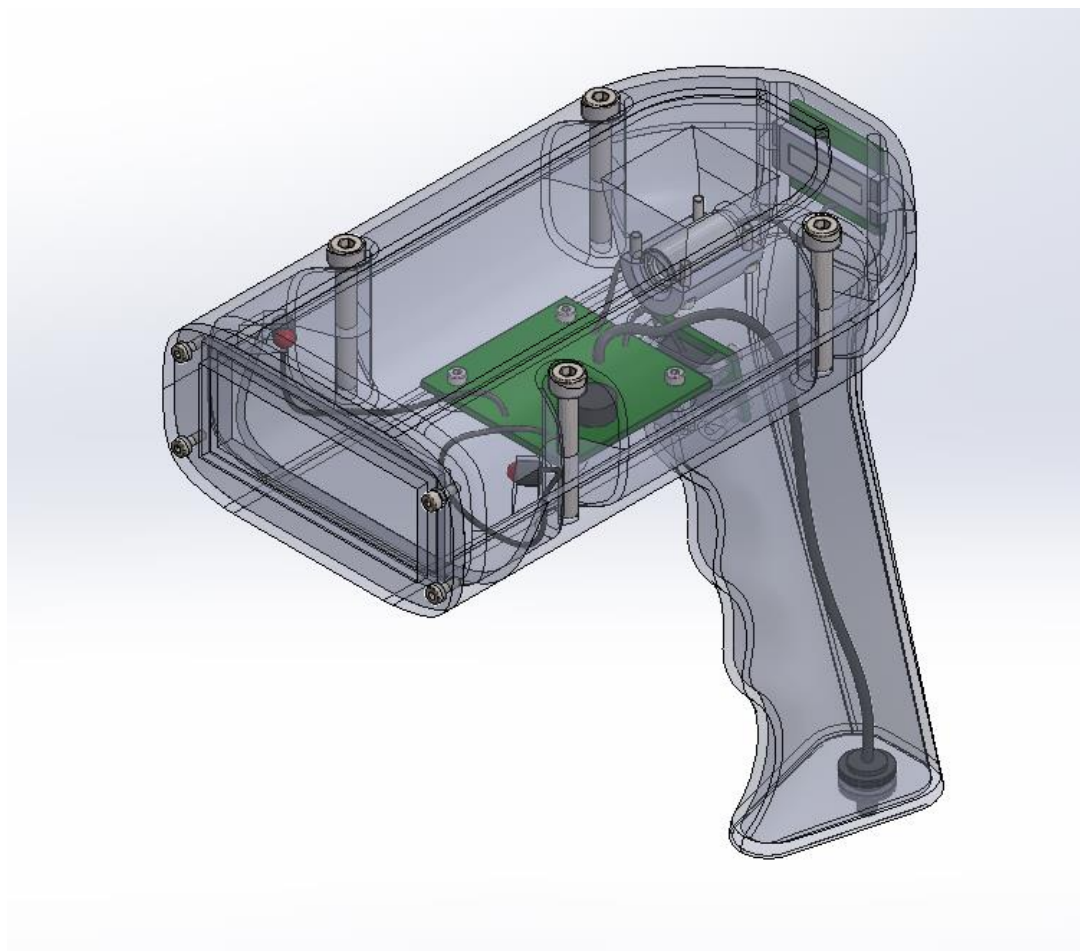


Рис. 3.22 Комплексне складання сканера із прозорим корпусом

Першочерговою операцією загального складання є прикріплення кнопки за допомогою гвинтів DIN 912 M2×5 на своє посадкове місце (рис. 3.23).

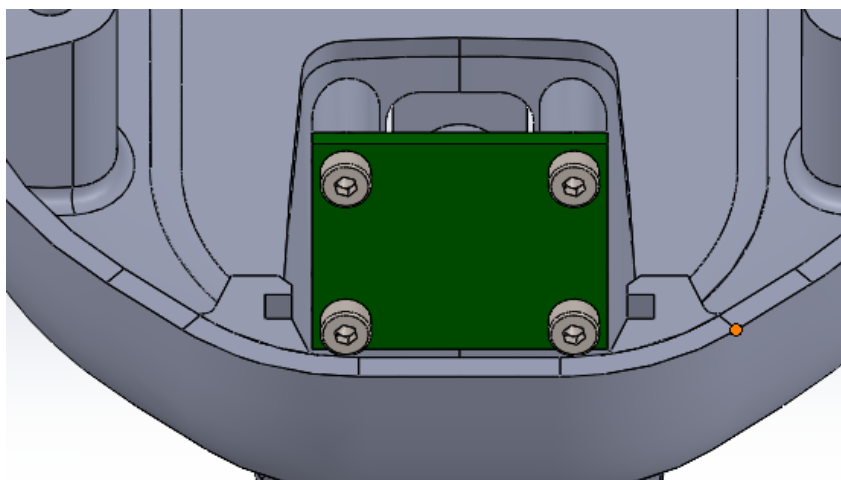


Рис. 3.23 Вигляд закріпленої кнопки

Далі за допомогою гвинтів DIN 912 M2×4 на своє посадкове місце кріпиться плата керування сканером (рис. 3.24).

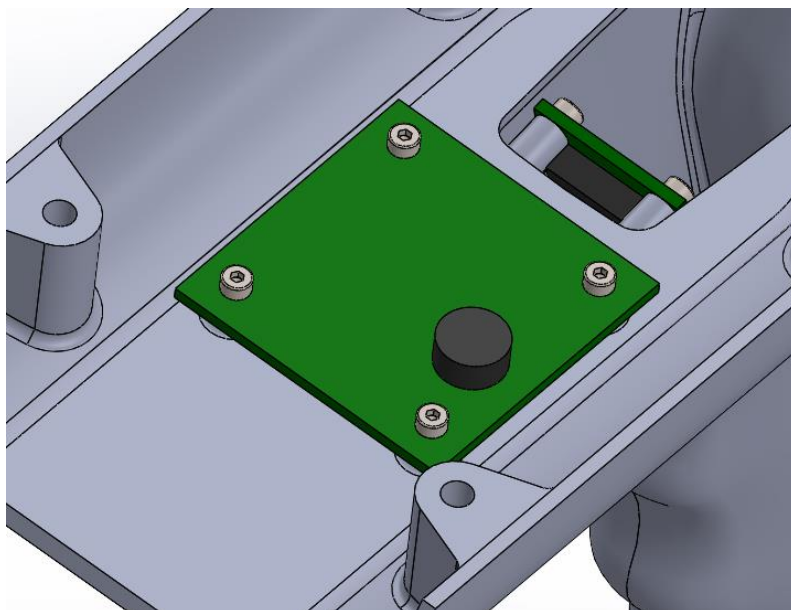


Рис. 3.24 Вигляд закріпленої плати керування

Встановлюється фотоприймач на своє посадкове місце у паз на основі корпуса (рис. 3.25).

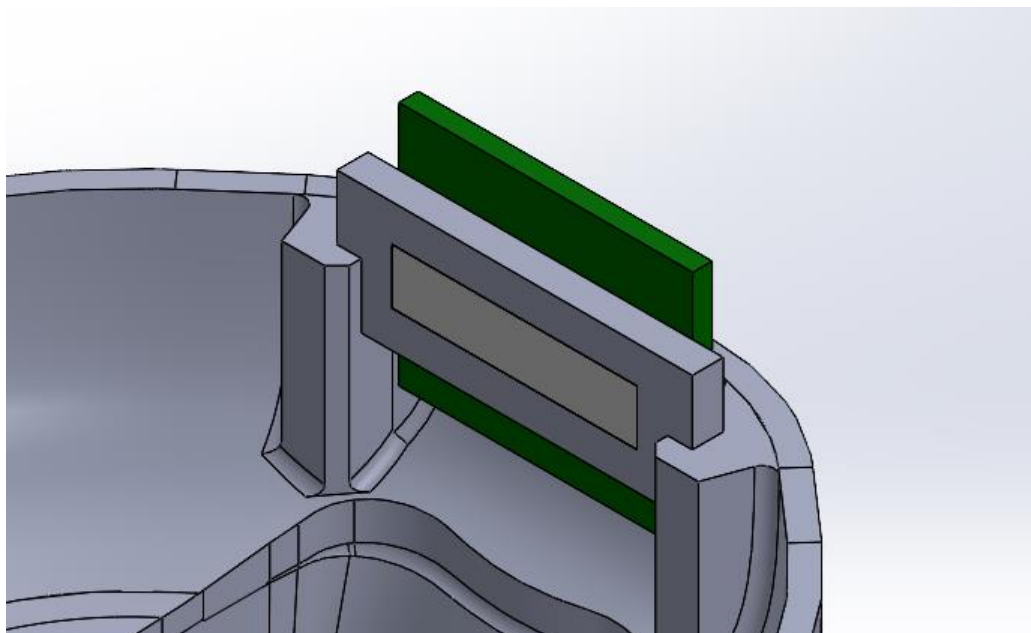


Рис. 3.25 Вигляд встановленого фотоприймача

Укладаються дроти живлення та підключаються елементи до плати керування (рис. 3.26).

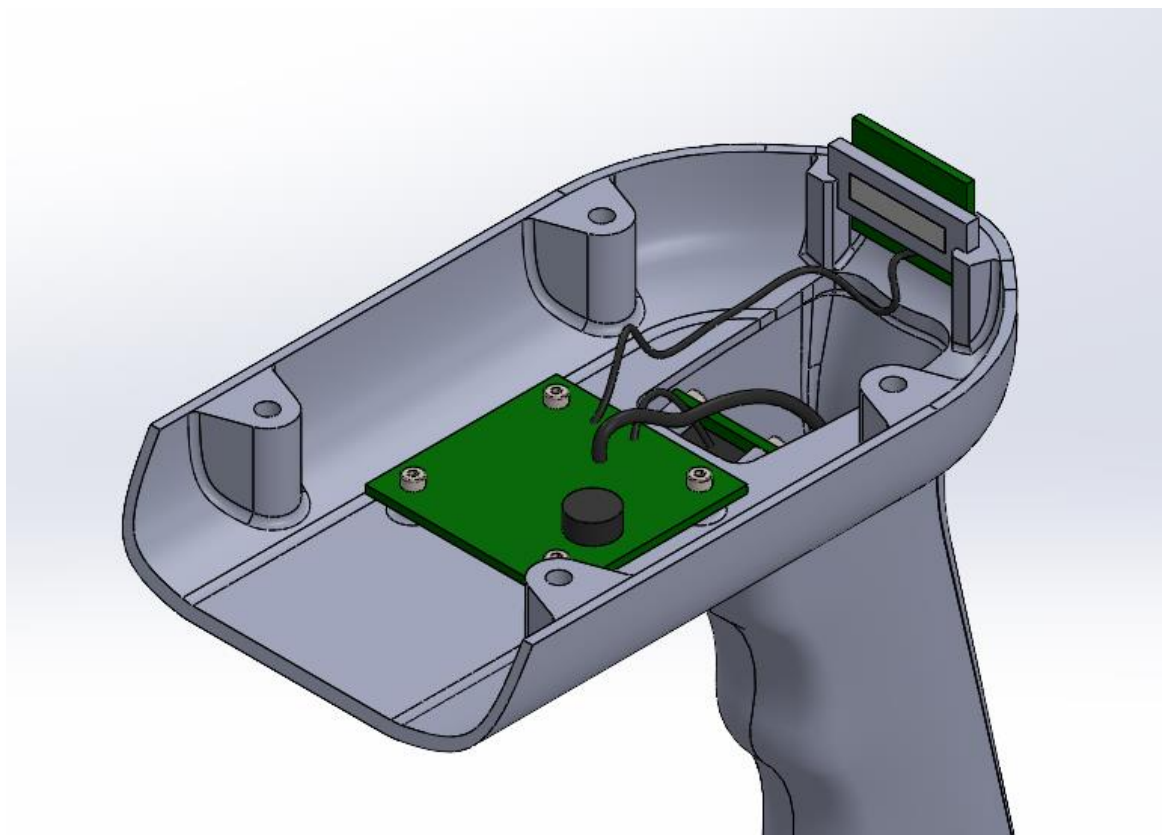


Рис. 3.26 Вигляд збірки основи корпусу

Далі відбувається збірка кришки. В ложемент вставляється об'єктив (рис. 3.27)

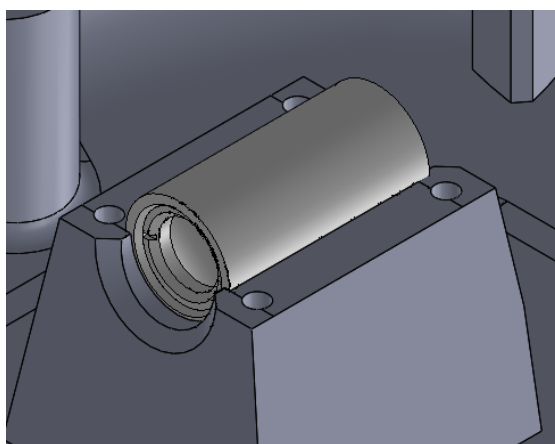


Рис. 3.27 Вигляд об'єктива

Далі встановлюється прижим для об'єктиву та закріплюється його гвинтами DIN 912 M2×8 (рис.3.28).

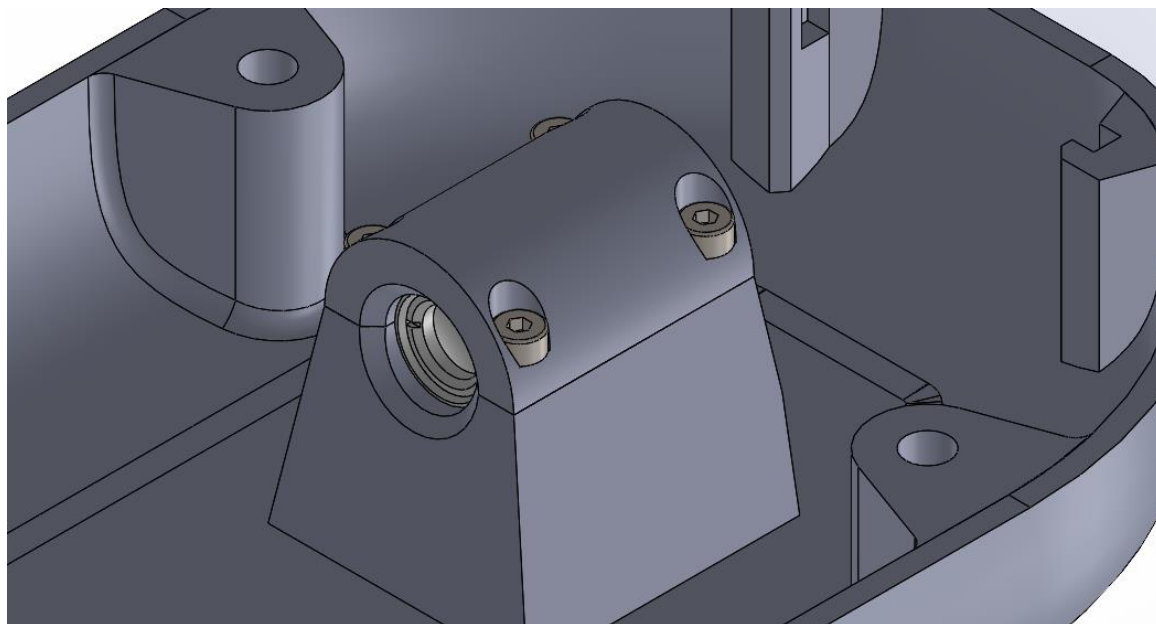


Рис. 3.28 Вигляд закріпленого прижима та об'єктива

Встановлюються світлодіоди у кріплення (рис. 3.29).

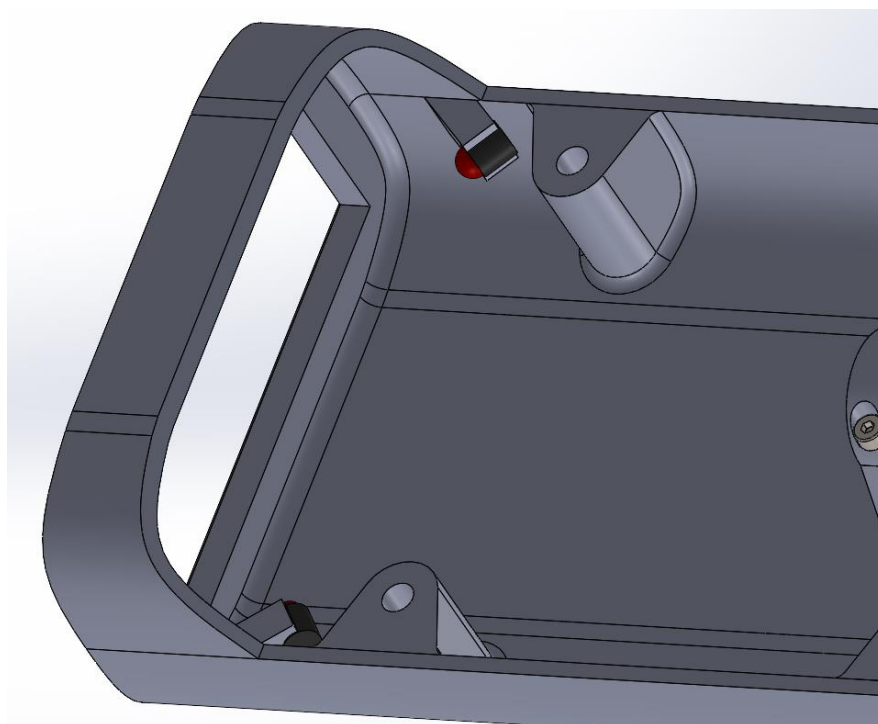


Рис. 3.29 Вигляд закріплених світлодіодів

						Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Скріплюється між собою складання основи корпусу та складання кришки гвинтами DIN 912 M4×30 (рис. 3.28).

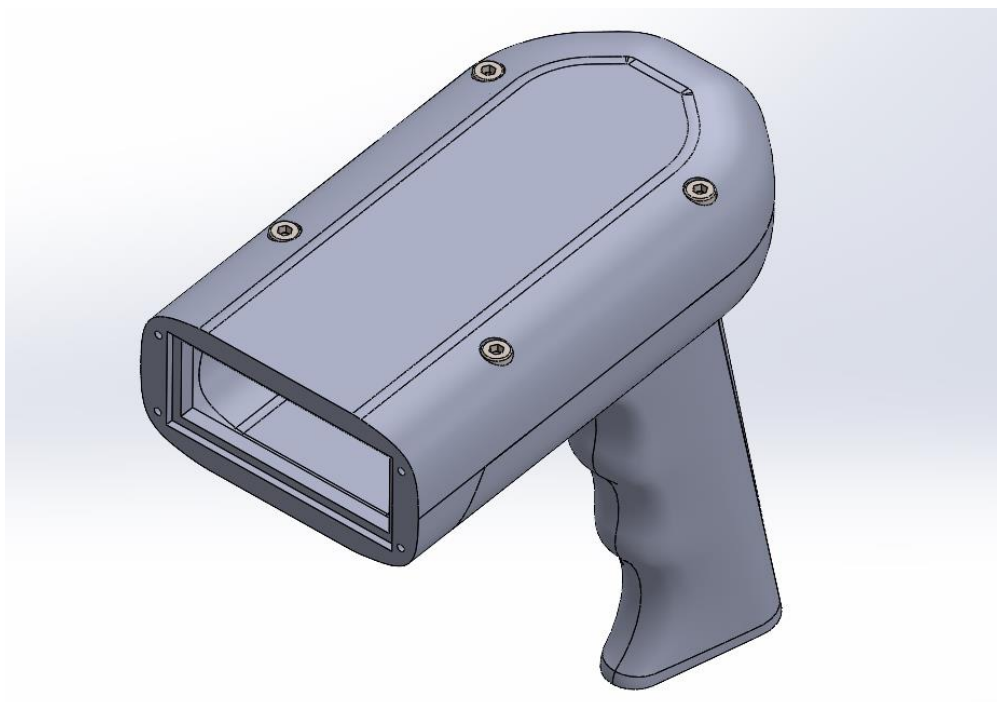


Рис. 3.28 Вигляд скріплених складань

Далі підключаються світлодіоди до плати керування (рис. 3.29).

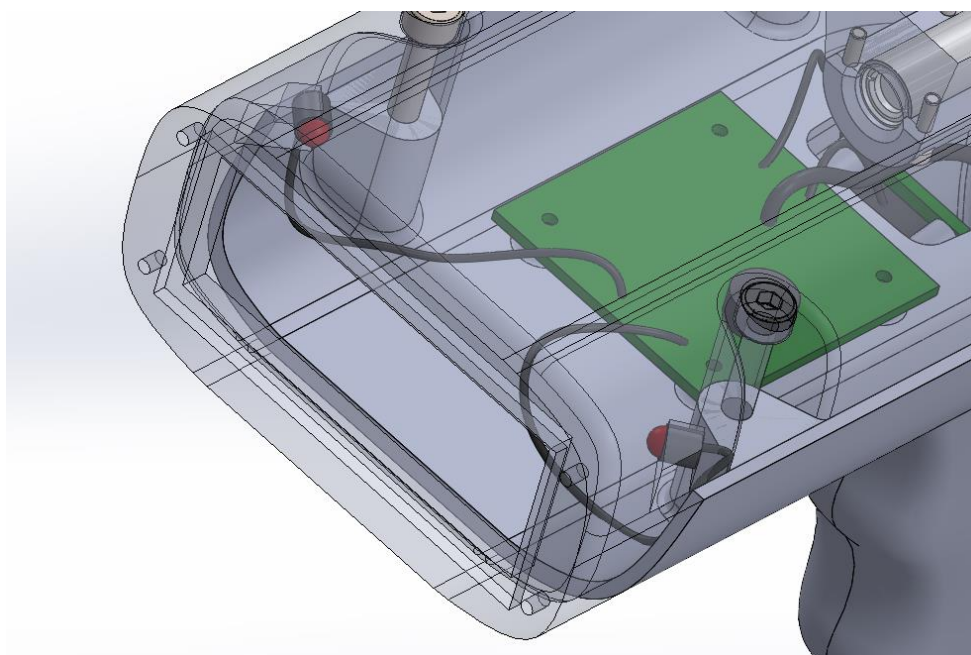


Рис. 3.29 Вигляд підключених світлодіодів

Вставляється захисне скло у посадкове місце та закріплюється прижимною пластиною захисного скла яка прикручується гвинтами DIN 912 M2×5 (рис.3.30).

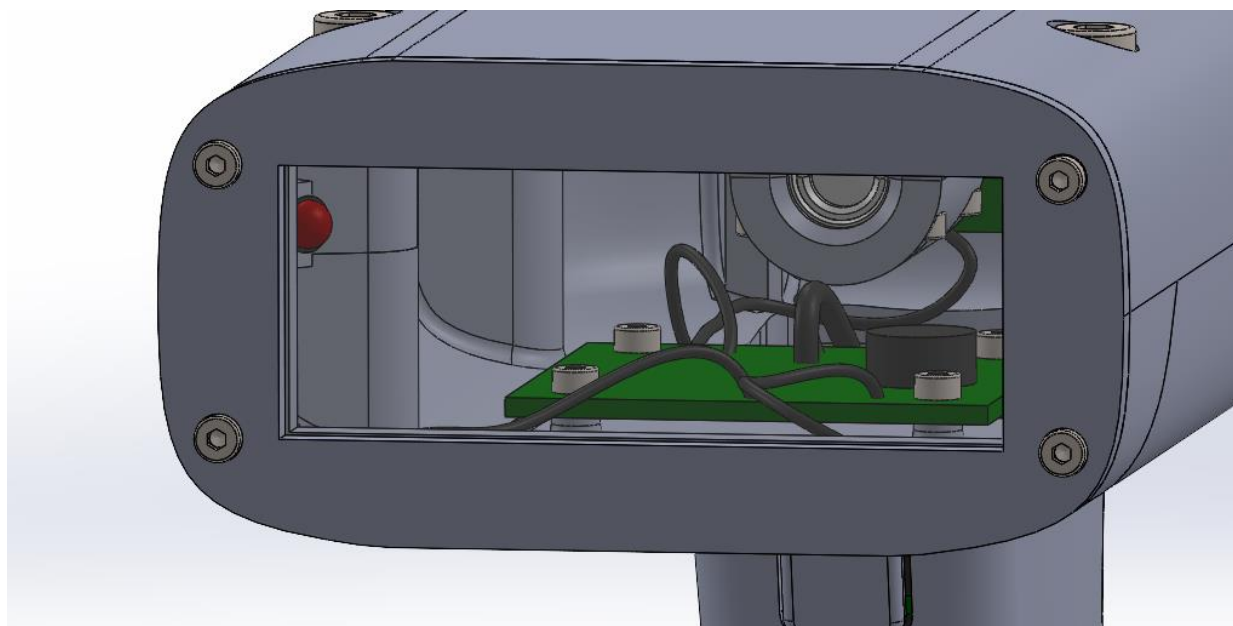


Рис. 3.30 Вигляд закріпленого захисного скла

Висновки до третього розділу

1. За результатами проведеного аналізу та завдяки можливостям системи SOLIDWORKS було створено тривимірну (3D) модель оптичної системи.
2. Проаналізувавши будову сканерів штрихкодів була розроблена 3D-модель корпусу зі зручним розміщенням елементів.
3. Розроблені 3D-моделі об'єктива і корпусу дали змогу виконати комплексне складання сканера штрихкодів та були використані при створенні конструкторської документації.

ВИСНОВКИ

1. В межах даного проєкту було розроблено оптико-електронний модуль сканера штрихкодів.
2. Огляд сучасних комерційних моделей фотоприймачів дав змогу проаналізувати їхні ключові особливості та обрати потрібний приймач випромінення для приладу – лінійну ПЗЗ-матрицю ТН7814А.
3. За результатами аналізу було спроектовано лінзовий об'єктив, який працює у видимому спектральному діапазоні. Результати аналізу підтвердили належну якість зображення.
4. Результати аналізу типових конструкцій скануючих пристроїв дали змогу розробити 3D-модель приладу з компактним розміщенням всіх необхідних компонентів, плат, захисного скла та інтерфейсів підключення.

Таким чином, всі вимоги технічного завдання було виконано в повному обсязі.

						Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Види двомірних 2D штрих-кодів. Різниця між стековими та матричними 2D штрих-кодами [Електронний ресурс] // Iterator – Режим доступу до ресурсу:
<https://www.iterator.com.ua/ua/poleznye-materialy/287-vydy-dvomirnykh-2d-shtrykh-kodiv?srsltid=AfmBOooXLTmuHzX9QxZi24s-gUdQUacKzc0sMo06FsrpoyPV9q0iIiNa>
2. Про штрихові коди [Електронний ресурс] // Web.archive – Режим доступу до ресурсу:
<https://web.archive.org/web/20190402115407/https://gs1ua.org/ua/gs1-system/identifikatsiya-ta-shtrihove-koduvannya/about-barcodes>
3. Штрихкоди: види і типи [Електронний ресурс] // Domino-kiev – Режим доступу до ресурсу:
<https://domino-kiev.com.ua/news/shtrihkodi-vidi-i-tipi>
4. Barcodes & Barcode scanner [Електронний ресурс] // Delock– Режим доступу до ресурсу:
https://www.delock.com/infothek/Barcodescanner/barcodes_barcode-scanner_e.html
5. ITF-14 [Електронний ресурс] // GS1– Режим доступу до ресурсу:
<https://gs1ua.org/systema-gs1/identyfikatsiia-ta-shtrykhove-koduvannia/pro-shtrykhovi-kody/itf-14/>
6. 2D Codes Explained: What’s the Difference Between a Data Matrix Code and a QR Code? [Електронний ресурс] // Domino – Режим доступу до ресурсу:
https://www.domino-printing.com/en/blog/2021/the-difference-between-a-data-matrix-code-and-a-qr-code?utm_medium=non-paid&utm_source=blog&utm_content=dotcode-blog&utm_campaign=2021-int-en-prospects-all-all-all

						Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. Data Matrix Barcode [Електронний ресурс] // Web.archive – Режим доступу до ресурсу:
<https://web.archive.org/web/20170914052646/http://www.jollytech.com/technologies/barcode-symbologies/data-matrix-barcode.php>
8. Сканер штрих кодів - принцип роботи та особливості [Електронний ресурс] // printec – Режим доступу до ресурсу:
https://printec.com.ua/barcode-scanner-principle-of-operation-and-features/?srsltid=AfmBOoqPIe4FGeHQVxD3IylMIszZjzf7n32UeAT3_VY_PBIWNmfPAPzEM
9. Принцип роботи сканера штрих-кодів [Електронний ресурс] // RIBBON – Режим доступу до ресурсу:
<https://shop.ribbon.ua/blog/printsip-roboti-skanera-shtrikh-kodiv>
10. Сканер штрих-коду [Електронний ресурс] // wikipedia – Режим доступу до ресурсу:
https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BA%D0%B0%D0%BD%D0%B5%D1%80_%D1%88%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%85-%D0%BA%D0%BE%D0%B4%D1%83
11. Mechanism of barcode scanning [Електронний ресурс] // Denso wave – Режим доступу до ресурсу:
<https://www.denso-wave.com/en/adcd/fundamental/barcode/scan/index.html>
12. What is the difference between laser barcode scanners and imagers, also known as CCD barcode scanners? [Електронний ресурс] // Posguys– Режим доступу до ресурсу:
<https://posguys.com/Faq/Details/1067>
13. CCD Barcode Scanner: Definition, Technology, Benefits, Comparison, and Buying Guide [Електронний ресурс] // Tera – Режим доступу до ресурсу:
<https://tera-digital.com/blogs/barcodes/ccd-barcode-scanner?srsltid=AfmBOoqhsZQOw1oOxrrxINTsqiOwHvSJ9P-qnBhwohdv74ZoWY5QxttX>

						Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

14. TH7888A Datasheet [Електронний ресурс] // Alldatasheet – Режим доступу до ресурсу:
<https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/download/107531/ETC/TH7888A.html>
15. The Atmel (Thomson) TH7888A CCD [Електронний ресурс] // ResearchGate – Режим доступу до ресурсу:
https://www.researchgate.net/figure/The-Atmel-Thomson-TH7888A-CCD-with-its-tantalum-radiation-shield-in-place-protecting_fig11_226454285
16. MT9V024/D [Електронний ресурс] // Onsemi – Режим доступу до ресурсу:
<https://www.onsemi.com/download/data-sheet/pdf/mt9v024-d.pdf>
17. TH7814A [Електронний ресурс] // Alldatasheet – Режим доступу до ресурсу:
<https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/download/82986/ATMEL/TH7814A.html>
18. Ручний сканер Datalogic QuickScan Lite QW2100 [Електронний ресурс] // SystemGroup – Режим доступу до ресурсу:
<https://systemgroup.com.ua/uk/equipment/skanery-shtryh-kodiv/ruchni-skanery-1d/ruchnyy-skaner-datalogic-quickscan-lite-qw2100>
19. Імідж-сканер Zebra DS 2208 [Електронний ресурс] // SystemGroup – Режим доступу до ресурсу:
<https://systemgroup.com.ua/uk/equipment/skanery-shtryh-kodiv/imager-skanery-2d/imidzh-skaner-zebra-ds-2208>
20. Ручний радіо сканер Honeywell Voyager 1202g [Електронний ресурс] // SystemGroup – Режим доступу до ресурсу:
<https://systemgroup.com.ua/uk/equipment/skanery-shtryh-kodiv/ruchni-radio-skanery/ruchnyy-radio-skaner-honeywell-voyager-1202g>

						Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 21.В. В. Іванова, С. М. Пономаренко ОПТИКА Практичний курс [Електронний ресурс] // КПІ ім. Ігоря Сікорського 2022. 177 с. Режим доступу до ресурсу:
<https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/54051193-427d-4925-ba53-79b0e623ca11/content>
- 22.І.Г. Чиж. Теорія оптичних систем. [Електронний ресурс] // КПІ ім. Ігоря Сікорського 2021. 426 с. Режим доступу до ресурсу:
<https://cions.kpi.ua/Arhiv/chiz/tos.pdf>
- 23.І.Г. Чиж. Теорія аберацій оптичних систем. [Електронний ресурс] // КПІ ім. Ігоря Сікорського 2023. 197 с. Режим доступу до ресурсу:
<https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/4bed1092-7922-48d6-ad44-ea825f29a7a5/content>
- 24.АБЕРАЦІЇ ЛІНЗ ФОТОКАМЕР [Електронний ресурс] // electronics.lnu Режим доступу до ресурсу:
<https://electronics.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/Aberatsii-linz-fotokamer.pdf>
- 25.Using the optical transfer function to calculate the energy concentration function [Електронний ресурс] // ResearchGate – Режим доступу до ресурсу:
https://www.researchgate.net/publication/253381413_Using_the_optical_transfer_function_to_calculate_the_energy_concentration_function
- 26.В.Г. Колобродов, Б.Ю. Пінчук. Взаємозв'язок функцій розсіювання точки абераційного і дифракційно обмеженого об'єктивів матричних тепловізорів [Електронний ресурс] // Приладобудування та інформаційно-вимірювальна техніка. Режим доступу до ресурсу:
<https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/e4e0ee01-255f-479a-a4a1-e09e72c1ece4/content>

27.В. Г. Колобродов, В. І. Микитенко. Тепловізійні оптико-електронні прилади [Електронний ресурс] // КПІ ім. Ігоря Сікорського. 2024. 202 с.
– Режим доступу до ресурсу:

<https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/a8a48f6f-a660-440c-945d-eaa9ffe0c407/content>

28.QTN021716-E0W [Електронний ресурс] // Thorlabs – Режим доступу до ресурсу:

<https://media.thorlabs.com/globalassets/items/l/le/led/led600l/qtn021716-e0w.pdf?v=0116123902>

29. Unmounted LEDs [Електронний ресурс] // Thorlabs – Режим доступу до ресурсу:

<https://www.thorlabs.com/unmounted-leds?pn=LED395L&tabName=Overview>

30.Розрахунок співвідношення сигнал/шум [Електронний ресурс] // Studfile – Режим доступу до ресурсу:

<https://studfile.net/preview/13139517/page:5/>

						Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		