

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ
ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Приладобудівний факультет
Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю**

До захисту допущено:
Завідувач кафедри
_____ Юрій КИРИЧУК
«___» _____ 2023 р.

**Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою «Роботизовані і автоматизовані
системи неруйнівного контролю та діагностики»
спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології» на тему: «Мобільний офтальмоскоп»**

Виконав:
студент IV курсу, групи ПК-91
Юзьвак Олександр Олегович _____

Керівник:
доцент, к.т.н.
Муравйов Олександр Володимирович _____

Рецензент:
д.т.н., проф.
Володарський Євген Тимофійович _____

Засвідчую, що у цій дипломній роботі
немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.

Студент (-ка) _____

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Мобільний офтальмоскоп»

Київ – 2023 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Приладобудівний факультет

Кафедра приладів та систем неруйнівного контролю

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

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

Освітньо-професійна програма «Роботизовані і автоматизовані системи неруйнівного контролю та діагностики»

ЗАТВЕРЖДУЮ

Завідувач кафедри

_____ Юрій КИРИЧУК

« ____ » _____ 2023 року

ЗАВДАННЯ

На дипломний проєкт студенту

Юзьваку Олександр Олександровичу

1. Тема проєкту «Мобільний офтальмоскоп», керівник проєкту Муравйов Олександр Володимирович, доцент, к.т.н., затверджені наказом по університету від «30» травня 2023 року № 2057-с.
2. Строк подання студентом проєкту: «9» ч е р в н я 2023 року.
3. Вихідні дані до проєкту: спектральний діапазон роботи оптичної системи приладу $\Delta\lambda = 400 - 700$ нм; кут поля зору об'єктива фотографічного каналу $2\omega = 10^\circ$; коефіцієнт пропускання випромінювання оптичною системою приладу τ не менше 20%.
4. Зміст пояснювальної записки: Розділ 1. Огляд літератури за темою роботи; Розділ 2. Проєктування мобільного офтальмоскопа; Розділ 3. Підбір електронних комплектуючих для конструкції мобільного офтальмоскопа.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): схема оптична, функціональна схема, принципова електрична схема, складальний кресленик, презентація доповіді.

6. Консультанти розділів проєкту

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

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту	Строк виконання етапів проєкту	Примітка
1.	Огляд літератури за темою роботи	28.04.2023	
2.	Систематизація теоретичного матеріалу	08.05.2023	
3.	Розробка функціональної схеми приладу	09.05.2023	
4.	Моделювання оптичної системи каналу підсвітки з сіткою	22.05.2023	
5.	Моделювання об'єктива фотографічного каналу	28.05.2023	
6.	Підбір компонентів для конструкції приладу	30.05.2023	
7.	Розробка складального креслення	02.06.2023	
8.	Формування загальних висновків	03.06.2023	
9.	Остаточне оформлення дипломного проєкту	05.06.2023	

Студент

Олександр ЮЗЬВАК

Керівник

Олександр МУРАВІЙОВ

АНОТАЦІЯ

Метою дипломного проєкту є розробка мобільного офтальмоскопа з додатковими функціями, що може використовуватися в області медицини.

У межах даного проєкту було досліджено теоретичні основи, спрямовані на забезпечення точного та детального огляду очного дна, спроектовано прилад для оцінки паталогічних станів та діагностики людського ока, синтезовано оптичну систему, здійснено підбір комплектуючих, розроблено принципову електричну та функціональну схеми, складальне креслення приладу.

Робота викладена на 72 сторінках (без додатків), містить 3 розділи, 36 рисунків, 22 літературних джерела.

Ключові слова: офтальмоскоп, офтальмоскопія, видиме випромінювання, мобільний офтальмоскоп, оптична система.

ABSTRACT

The objective of the diploma project is to develop a mobile ophthalmoscope with additional functionalities that can be utilized in the field of medicine.

Within the framework of this project, extensive research has been conducted to explore the theoretical foundations aimed at ensuring precise and detailed examination of the fundus of the eye. A device for assessing and diagnosing the condition of the eyes has been meticulously designed. The optical system of the device has been meticulously modeled, and meticulous component selection has been performed. A comprehensive electrical circuit diagram and assembly drawings have been meticulously developed.

The work is presented in a comprehensive manner, spanning 72 pages (excluding appendices), encompassing three chapters, accompanied by 36 illustrations and referencing 22 relevant scholarly sources.

Keywords: ophthalmoscope, ophthalmoscopy, visible radiation, mobile ophthalmoscope, optical system.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АЦП – аналого-цифровий перетворювач;

МК – мікроконтролер;

LCD – liquid crystal display;

ПК – персональний комп'ютер;

SPP – Serial Port Profile;

ОКТ – оптична когерентна томографія;

МРТ – магнітно-резонансна томографія;

ЕРГ – електроретинографія;

ЕОГ – електроокулографія;

СДОТ – спектральна доменна оптична томографія;

ЗМІСТ

ВСТУП.....	11
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ	12
1.1. Офтальмологія, як область медицини	12
1.2. Захворювання людського ока.....	15
1.3. Методи та засоби діагностики патологічних станів ока людини	17
1.4. Офтальмоскоп	21
1.4.1. Призначення офтальмоскопа.....	21
1.4.2. Принцип дії офтальмоскопа.....	23
1.4.3. Типові схеми приладу.....	25
1.5. Огляд характеристик аналогів приладу.....	28
1.5.1 Фотоофтальмоскоп.....	28
1.5.2 Освітлювальні системи офтальмоскопів (медичних камер)	31
1.5.3 Piccolight E56.....	33
1.5.4 Heine mini 3000	36
1.6. Обґрунтування вибору схеми розроблюваного приладу	38
Висновки до розділу 1	40
РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ МОБІЛЬНОГО	
ОФТАЛЬМОСКОПА	41
2.1. Розробка функціональної схеми приладу	41
2.2. Проектування оптичної системи об'єктиву приладу	43
2.2.1 Розробка оптичної схеми приладу	43
2.2.2 Синтез оптичної системи каналу підсвітки з сіткою	44

					ПК 91.230000.000ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Мобільний офтальмоскоп Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.	Перевір.	Юзьвак О.О						
Н. Контр.					ПБФ, ПК-91			
Затверд.		Муравйов О.В.						

2.2.3 Синтез об'єктива фотографічного каналу приладу	49
2.2.4 Побудова моделі оптичної системи офтальмоскопа.....	56
Висновки до розділу 2	57
РОЗДІЛ 3. ПІДБІР ЕЛЕКТРОННИХ КОМПЛЕКТУЮЧИХ ДЛЯ КОНСТРУКЦІЇ	
МОБІЛЬНОГО ОФТАЛЬМОСКОПА	59
3.1. Вибір приймача випромінювання	59
3.2. Вибір АЦП	60
3.3. Вибір мікроконтролера.....	62
3.4. Вибір дисплею	64
3.5. Вибір Bluetooth-модуля	65
3.6. Вибір плати зарядки та акумулятора	66
Висновки до розділу 3	68
ВИСНОВКИ	69
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	70
ДОДАТКИ	74

					ПК 91.230000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

ВСТУП

Очі - незамінний інструмент сприйняття світу, і збереження їх здоров'я є одним із найважливіших завдань медицини. Офтальмоскопія, як метод діагностики та оцінки здоров'я очей, використовується лікарями офтальмологами вже протягом багатьох десятиліть. Історично офтальмоскопія передбачала використання стаціонарних приладів, але з розвитком сучасних технологій з'явився новий інноваційний засіб - мобільний офтальмоскоп .

Мобільні офтальмоскопи дозволяють лікарям здійснювати детальний огляд очей, аналізувати структуру сітківки та виявляти ознаки патологій, які раніше могли бути пропущені. Це сприяє точнішій діагностиці та плануванню ефективного лікування для пацієнтів з різними очними захворюваннями. Мобільний офтальмоскоп може також використовуватись для документування змін в стані очей з часом та моніторингу ефективності лікування.

Використання мобільного офтальмоскопа може дати значний імпульс розвитку телемедицини, дозволяючи віддалено оцінювати стан очей та надавати консультації пацієнтам на відстані. Це особливо корисно для людей, які проживають у віддалених районах, де доступ до офтальмологічної допомоги може бути обмеженим. Мобільні офтальмоскопи також сприяють розширенню можливостей наукових досліджень та навчання, дозволяючи лікарям обмінюватись зображеннями та відеоматеріалами для отримання консультацій та другої думки.

Застосування мобільного офтальмоскопа сприятиме покращенню охорони зору та здоров'я очей в цілому, забезпечуючи пацієнтам більш швидку та доступну медичну допомогу .

					ПК 91.230000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

1.1. Офтальмологія, як область медицини

Офтальмологія - це галузь медицини, яка спеціалізується на діагностиці, лікуванні та профілактиці захворювань ока. Око - один з найважливіших органів людського тіла, і правильна робота зорової системи має велике значення для нашого повсякденного життя. Офтальмологи - це медичні фахівці, які спеціалізуються на лікуванні різних порушень зору та захворювань ока .

Ця галузь включає в себе широкий спектр практичних діяльностей, починаючи від перевірки зору та виписки окулярних лінз для корекції недоліків зору до проведення хірургічних втручань для відновлення зору та лікування захворювань ока. Офтальмологи також вивчають причини виникнення окулярних захворювань, проводять дослідження, розробляють нові методи лікування та співпрацюють з іншими медичними спеціалістами для забезпечення загального здоров'я пацієнтів.

Офтальмологія є дуже важливою галуззю медицини через те, що багато захворювань ока можуть суттєво вплинути на якість життя людини. Деякі з найпоширеніших захворювань ока включають катаракту, глаукому, дегенеративні захворювання сітківки, захворювання рогівки та інші .

Офтальмологи займаються діагностикою цих захворювань, розробкою та впровадженням методів лікування та догляду за пацієнтами. Для діагностики окулярних захворювань офтальмологи використовують різні методи, такі як офтальмоскопія, тонометрія, периметрія, ультразвукове зображення ока та інші дослідження. Ці методи дозволяють оцінити стан різних частин ока та виявити будь-які відхилення в їхній роботі [1,2].

						Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПК 91.230000.000ПЗ	

Лікування офтальмологічних захворювань може бути консервативним або хірургічним, залежно від характеру проблеми. Наприклад, катаракту, яка є однією з найпоширеніших причин втрати зору, можна лікувати шляхом видалення хмаринки замутною хрущовидною лінзою із подальшою імплантацією штучної лінзи. Глаукому, хронічне захворювання, що характеризується підвищеним тиском всередині очного яблука, можна контролювати за допомогою медикаментозних препаратів або виконати хірургічний втручання для поліпшення водостоків внутрішнього очного тиску.

Окрім того, офтальмологія також включає попередження окулярних захворювань та збереження зору через проведення регулярних окулярних обстежень та надання рекомендацій щодо профілактики. Офтальмологи також співпрацюють з іншими медичними спеціалістами, зокрема з педіатрами, ендокринологами та неврологами, для розуміння впливу загального стану здоров'я на зіницю та зорову систему в цілому. Наприклад, деякі системні захворювання, такі як діабет, можуть впливати на очі та викликати ретинопатію, захворювання сітківки, що може призвести до втрати зору. Офтальмологи співпрацюють з цими спеціалістами, щоб визначити ризик і вчасно виявити окулярні ускладнення, а також розробляти плани лікування та попередження.

Завдяки науковому прогресу та технологічним досягненням в офтальмології, виникли нові методи лікування та втручання, що значно поліпшують якість життя пацієнтів. Наприклад, лазерна корекція зору дозволяє виправити недоліки зору, такі як короткозорість, далекозорість та астигматизм, зменшуючи залежність від окулярів або контактних лінз. Крім того, нові препарати та хірургічні методи дозволяють лікувати різноманітні захворювання ока, у тому числі сітківки та рогівки, забезпечуючи кращі результати лікування та швидке одужання.

					ПК 91.230000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Офтальмологія - це область медицини, яка працює на перетині науки і технологій з метою забезпечення оптимального зору та здоров'я очей. Офтальмологи є невід'ємною частиною медичної системи, допомагаючи людям у всьому світі зберегти та відновити їхню зорову функцію. Завдяки їхній експертизі та роботі ми можемо бути впевнені в своєму здоров'ї очей та насолоджуватись яскравим світом навколо нас .

Ця галузь також має значний вплив на розвиток науки і досліджень. Вчені в цій галузі постійно працюють над вдосконаленням методів діагностики, лікування та профілактики окулярних захворювань. Вони проводять клінічні дослідження, співпрацюють з фармацевтичними компаніями та іншими науковими установами, щоб знайти нові препарати та технології, які можуть поліпшити лікування окулярних захворювань та попередження втрати зору.

Також ця наука відіграє важливу роль у викладанні та освіті. Медичні університети та спеціалізовані центри надають навчання майбутнім офтальмологам, де студенти отримують знання про анатомію та функції ока, методи діагностики та лікування, технології та інструменти, що використовуються у практиці. Крім того, офтальмологи беруть участь у наукових конференціях, семінарах та інших освітніх заходах, де вони діляться своїми дослідженнями та передовими методами лікування з колегами.

Загалом, офтальмологія є невід'ємною частиною медичного світу, працюючи на користь здоров'я людей і забезпечуючи належну догляд за зоровою системою. Завдяки постійним дослідженням, прогресу в технологіях та невпинній роботі офтальмологів, ми маємо можливість піклуватись про наше зорове здоров'я та насолоджуватись світом з яскравими кольорами, різноманітністю форм та деталей. Офтальмологія - це наука, що прогресує і постійно розвивається для покращення якості життя та збереження важливого дару - зору.

					ПК 91.230000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

1.2. Захворювання людського ока

Людські очі - це надзвичайно складна та вразлива частина організму, відповідальна за сприйняття світла та передачу інформації до мозку. Захворювання, пов'язані з оком, можуть суттєво погіршити якість життя людини, обмежити її можливості та навіть призвести до втрати зору.

Давайте розглянемо найпоширеніші захворювання ока.

Міопія, також відома як короткозорість, є найпоширенішим порушенням рефракції. Вона виникає внаслідок занадто великої довжини очного яблука або надмірної ввігнутості рогівки. У випадку міопії, світло від віддалених об'єктів фокусується перед сітківкою через надлишкову довжину ока, що призводить до неспроможності зобразити об'єкти чітко, оскільки промені світла розсіюються.

Гіперметропія, відома також як далекозорість, є іншим поширеним порушенням. Вона пояснюється занадто короткою довжиною очного яблука або плоскою рогівкою. Завдяки цій малій довжині ока, рогівці та кришталику не вистачає простору для фокусування променів світла на сітківці, тому зображення фокусується за сітківкою, і сигнали, які доходять до мозку, неякісні.

Астигматизм є дефектом зору, пов'язаним з неправильною формою кришталика, рогівки або ока, що призводить до нечіткого бачення об'єктів на будь-якій відстані. Ігнорування астигматизму може спричинити косоокість або гостре погіршення зору. Без своєчасної корекції або лікування астигматизм може спричинити мігрені та дискомфорт в очах.

					ПК 91.230000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Катаракта - це поступове помутніння кришталіка всередині ока, яке перешкоджає проходженню світла. Ця зміна робить зір менш чітким з часом. Промені світла, які проникають до сітківки, розсіюються, що призводить до розмитого зору.

Глаукома є небезпечним захворюванням з прихованим перебігом. Вона виникає внаслідок порушення відтоку внутрішньоочної рідини, що призводить до підвищення внутрішньоочного тиску. Залежно від механізму підвищення тиску, розрізняють закритокутову і відкритокутову глаукому.

Діабетична ретинопатія є ускладненням цукрового діабету, яке впливає на судини сітківки ока. Вона може прогресувати протягом тривалого часу і призводити до втрати зору. Симптоми діабетичної ретинопатії включають розширені судини на сітківці, крововиливи в око, появу плаваючих плям перед очима та погіршення зору .

Кон'юнктивіт, також відома як запалення кон'юнктиви, є загальним захворюванням ока, при якому виникає запалення тонкої прозорої плівки, що покриває білкову частину ока і внутрішню поверхню повік. Кон'юнктивіт може мати інфекційну або алергічну природу .

Макулодистрофія є офтальмологічним захворюванням, яке впливає на макулу - центральну частину сітківки ока. Макула є відповідальною за розпізнавання дрібних деталей зорового сприйняття, чіткість зору та розпізнавання кольорів. Макулодистрофія характеризується пошкодженням або зниженням функції макули, що може призвести до значного погіршення зору .

Діабетична ретинопатія є ускладненням цукрового діабету, яке впливає на судини сітківки ока. Вона може прогресувати протягом тривалого часу і призводити до втрати зору. Симптоми діабетичної ретинопатії включають розширені судини на сітківці, крововиливи в око, появу плаваючих плям перед очима та погіршення зору [3,4].

					ПК 91.230000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

1.3.Методи за засоби діагностики патологічних станів ока людини

Діагностика патологічних станів ока є важливою складовою офтальмологічної практики. Забезпечення точної та своєчасної діагностики дозволяє виявити захворювання та взяти необхідні медичні заходи для попередження прогресування та уникнення ускладнень.

Автоматичне вимірювання рефракції - це метод, який дозволяє виміряти оптичну силу рефракції центру ока. Використовуючи цей метод, можна встановити тип і рівень помилки зору. Процедура полягає у випромінюванні інфрачервоного світла певної частоти пристроєм, яке направляється через зіницю на сітківку ока пацієнта в центрі зіниці. Світло проходить через зоровий центр ока, а датчик фіксує параметри пацієнта. Система потім розраховує значення корекції ока порівняно зі стартовими значеннями.

У процесі нециклоплегічного тестування оцінюється динамічний рефлекс, що включає статичні рефлекси. Під час тестування пацієнт повертається до спокійного стану, і оцінюється його спокійний тонус і здатність розглядати предмети з близької відстані. Сучасні пристрої також можуть вимірювати кривизну, радіус і діаметр рогівки, що є важливими для вибору оптичної корекції зору. Також можна визначити тип астигматизму (рогівки або кришталіка) та ступінь анізотропії, який відображає різницю у заломленні між лівим і правим очима [5,6].

Офтальмологічний огляд - це метод, який використовується для дослідження диска зорового нерва та сітківки, використовуючи світло. Зазвичай використовуються два оптичних методи - прямий і реверсивний. Для отримання достовірної інформації важлива роль відведена офтальмологу з високим рівнем компетентності. При підозрі на глаукому, зіниці не розширюють, щоб уникнути підвищення внутрішньоочного тиску. Операція з видалення катаракти не причиняє пацієнту дискомфорту, оскільки люди не сприймають ефекту іонізації повітря.

					ПК 91.230000.000ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Офтальмобіомікроскопія - це метод дослідження очного дна, який використовує звичайну щілинну лампу (біомікроскопію) і сильну збираючу лінзу з високою діоптрією (70-80 і більше). Під час цього дослідження зазвичай проводиться фотографування і обов'язкова реєстрація отриманих даних, що дозволяє майбутньо документально підтвердити патологічні зміни на очному дні і отримати чітку інформацію про ефективність та результати проведеного лікування.

Комп'ютерна периметрія - під час проведення комп'ютерної периметрії пацієнт фіксує свою увагу на одній точці. Потім в різних точках приладу поступово, але випадковим чином з'являються об'єкти різної яскравості. Коли пацієнт помічає такий об'єкт, він негайно натискає кнопку, і прилад видає результати діагностики, а лікар ставить діагноз. Якщо досліджувати око за допомогою сферопериметрії, то можна виявити не тільки місцезнаходження відхилень зору, але й їх глибину.

Ехографія є методом діагностики, який використовує ультразвукові хвилі для отримання зображення структур ока, які не доступні для огляду за допомогою інших методів. Цей метод може бути корисним для виявлення захворювань, таких як пухлини, відшарування сітківки та інші патологічні стани, які можуть впливати на зорову функцію. Ехографія може бути проведена з використанням контактних або безконтактних пристроїв, залежно від потреб пацієнта та характеру патології.

Оптична когерентна томографія (ОКТ) є неінвазивним методом діагностики, який дозволяє отримувати високороздільні зображення структур ока. Цей метод використовується для виявлення та вивчення патологічних змін в сітківці, ділянці зорового нерва та інших структурах ока. ОКТ може допомогти в ранньому виявленні та моніторингу захворювань, таких як макулярна дегенерація, глаукома, ретинопатія та інші. Цей метод використовується як у клінічній офтальмології, так і в дослідницьких дослідженнях.

Магнітно-резонансна томографія (МРТ) може бути використана для отримання детальних зображень структур ока та навколишніх тканин. Цей метод використовує сильні магнітні поля та радіовипромінювання для створення зображень. МРТ може бути корисною у вивченні патологій, які впливають на структури ока, такі як опухолі, вроджені вади та інші захворювання. Однак, МРТ ока вимагає спеціального обладнання та досвідченого персоналу для проведення.

Електроретинографія (ЕРГ) є методом діагностики, який використовується для оцінки функції сітківки шляхом реєстрації електричних сигналів, що виникають під час стимуляції світла. Цей метод може бути корисним при виявленні та оцінці різних ретинальних захворювань, таких як дистрофії сітківки, ретиніт, генетичні захворювання та інші. ЕРГ може допомогти в розумінні функціонального стану сітківки та оцінці впливу захворювань на зорову функцію пацієнта.

Електроокулографія (ЕОГ) є методом діагностики, який використовується для вивчення рухів очей шляхом реєстрації електричних сигналів, що виникають під час руху очних м'язів. Цей метод може бути корисним при виявленні та оцінці різних захворювань, пов'язаних з порушенням моторної функції очей, таких як ністагм, параліч м'язів ока та інші. ЕОГ може допомогти в розумінні рухової активності очей та виявленні патологій, що впливають на цю функцію.

Флуоресцеїн ангіографія є методом діагностики, який використовується для вивчення кровообігу в судинах ока. Цей метод включає введення венозної флуоресцеїну, який освітлює судини ока, та використання спеціальної камери для отримання зображень. Флуоресцеїн ангіографія може допомогти виявити різні патологічні стани, такі як судинні закупорки, крововиливи, вроджені аномалії та інші. Цей метод дозволяє оцінити стан судин ока та виявити патологічні зміни, які можуть впливати на зорову функцію

					ПК 91.230000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Спектральна доменна оптична томографія (СДОТ) є новітнім методом діагностики, який використовується для отримання високороздільних зображень структур ока. Цей метод використовується для оцінки сітківки, ділянки зорового нерва та інших структур ока. СДОТ дозволяє виявляти різні патологічні стани, такі як макулярна дегенерація, глаукома, ретинопатія та інші, у високому роздільній здатності. Цей метод стає все більш популярним у сучасній офтальмології і допомагає лікарям отримувати детальну інформацію про стан ока.

Аутоматизована периметрія є методом діагностики, який використовується для вимірювання зорового поля. Цей метод використовується для виявлення різних порушень зорової функції, таких як вузьке зорове поле, скотома та інші. Аутоматизована периметрія може бути проведена з використанням спеціальних пристроїв, які вимірюють реакцію пацієнта на світлові стимули в різних точках зорового поля. Цей метод дозволяє виявити втрату зору, з'ясувати причину та моніторити прогресування захворювання.

Методи за допомогою діагностики патологічних станів ока людини є важливою складовою офтальмологічної практики. Існує багато різних методів, які дозволяють лікарям виявити, оцінити та моніторити захворювання очей. Кожен метод має свої переваги і обмеження, тому лікарі використовують комплексний підхід, використовуючи декілька методів для точної діагностики. Раннє виявлення та вчасна діагностика патологічних станів ока є важливими для успішного лікування та збереження зорової функції у пацієнтів [7,8].

					ПК 91.230000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

1.4 Офтальмоскоп

Офтальмоскоп є діагностичним приладом, який використовується в офтальмологічній практиці для невідкладного дослідження структур очного дна, зокрема диску зорового нерву і сітківки. Цей прилад дозволяє лікареві прямо спостерігати внутрішні шари ока та визначати наявність та характер патологічних змін, таких як геморагії, вогнища дегенерації, ексудати або зміни кольору.

1.4.1. Призначення офтальмоскопа

Головне призначення офтальмоскопу - проведення офтальмоскопічного огляду. Лікар використовує його для перевірки структур ока, таких як сітківка, оптичний нерв, судини та різні шари очного дна. Цей огляд дає можливість виявити ознаки різних захворювань, таких як глаукома, катаракта, діабетична ретинопатія, макулодистрофія та інші.

Офтальмоскоп також дозволяє оцінити стан судин очей і виявити ознаки васкулярних захворювань, наприклад, звуження або розширення судин, присутність крововиливів або ексудатів.

Крім того, офтальмоскоп використовується для визначення рефракції ока, тобто для вимірювання відхилень зору та визначення потреби у корекції зору за допомогою окулярів або контактних лінз.

Офтальмоскоп має наступні призначення:

1. Діагностика та оцінка стану очей: Офтальмоскоп дозволяє оглядати очі пацієнта та оцінювати стан очного дна, ретини, судин та інших структур ока. Це допомагає лікареві виявити різні офтальмологічні відхилення, такі як глаукома, катаракта, діабетична ретинопатія, макулярний дегенерація та інші захворювання.

					ПК 91.230000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

2. Визначення присутності аномалій в кровообігу ока: Офтальмоскоп дозволяє оцінювати стан судинного руслу ока, виявляти ознаки патологічних змін, таких як вузли, крововиливи, проблеми з кровопостачанням. Це особливо важливо для діагностики різних судинних захворювань.

3. Моніторинг за станом хронічних захворювань: Офтальмоскоп використовується для регулярного контролю за станом очей у пацієнтів з хронічними захворюваннями, такими як діабет. Діабетична ретинопатія є одним із поширених ускладнень цього захворювання, і офтальмоскоп дозволяє вчасно виявити ознаки її розвитку.

4. Скринінгові обстеження: Офтальмоскопія використовується в програмах скринінгу для ранньої виявлення офтальмологічних захворювань, особливо у дітей та осіб з високим ризиком. Це дозволяє забезпечити своєчасну діагностику та лікування, зменшуючи ризик ускладнень та втрати зору.

5. Допомога при проведенні міні-інвазивних процедур: Офтальмоскоп може використовуватись для наведення точності та контролю під час проведення міні-інвазивних процедур в офтальмології, наприклад, при видаленні катаракти чи проведенні лазерної корекції зору.

6. Освітлення та навчання: Офтальмоскоп також може використовуватися в медичних учбових закладах та під час клінічного навчання для демонстрації структур ока та офтальмологічних захворювань студентам та іншим медичним фахівцям.

Офтальмоскоп є невід'ємною частиною офтальмологічної практики та допомагає лікареві отримувати важливу інформацію про стан очей пацієнта, що є необхідним для постановки діагнозу, контролю за хронічними захворюваннями та вчасного втручання при необхідності.

					ПК 91.230000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

1.4.2 Принцип дії офтальмоскопа

Принцип дії офтальмоскопу базується на тому, що світло від джерела проникає через зіницю та оптичні середовища ока, освітлюючи задню частину ока. Це світло, яке відбивається від структур ока, потім повертається назад і пройшовши через оптичну систему офтальмоскопу, визначає остаточне зображення, яке бачить лікар у окулярі.

Світловий шлях в офтальмоскопі може бути різним для прямих і косих офтальмоскопів. В прямому офтальмоскопі світло, що відбивається від очного дна, прямує через оптичну систему та потрапляє в окуляр без будь-яких змін напрямку. Лікар може спостерігати це зображення, коли очі пацієнта і лікаря знаходяться в одній лінії зору.

У косому офтальмоскопі світло відбивається від очного дна і пройшовши через оптичну систему, відхиляється на деякий кут. Це дозволяє лікарю спостерігати зображення очного дна, коли вони перебувають поза лінією зору лікаря. Кут відхилення світла залежить від конкретного дизайну косоного офтальмоскопа.

В обох типах офтальмоскопів світловий шлях дозволяє лікарю отримувати зображення задньої частини ока та оцінювати стан різних структур, таких як судини, сітківка та зоровий нерв.

Одним з важливих аспектів принципу дії офтальмоскопу є можливість регулювати інтенсивність світла, яке використовується для освітлення задньої частини ока. Це дозволяє лікарю контролювати яскравість та глибину освітлення, що впливає на якість отриманого зображення.

					ПК 91.230000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Більшість офтальмоскопів мають регульовану світлову потужність, що дозволяє змінювати яскравість світла. Це особливо корисно при огляді пацієнтів з різними факторами ризику, такими як похмурий катаракта або особливо чутливі очі. Лікар може знизити інтенсивність світла для забезпечення комфортного огляду, або підвищити її для отримання більш детального зображення.

Крім регулювання яскравості, офтальмоскопи також можуть мати фільтри, які дозволяють фокусувати на певних структурах ока. Наприклад, фільтри зеленого кольору можуть поліпшити видимість судин на фоні сітківки, а жовті фільтри можуть допомогти виділити пухлинні утворення. Це допомагає лікарям зосередитися на певних аспектах ока та покращити діагностику та огляд.

Офтальмоскопи також мають можливість збільшувати зображення задньої частини ока, що дозволяє лікарям детально оглядати структури і розпізнавати патологічні зміни. Це досягається за допомогою лінз, які розташовані в оптичній системі офтальмоскопу.

Зазвичай офтальмоскопи мають можливість змінювати між різними ступенями збільшення, що дозволяє лікареві вибрати оптимальне збільшення для конкретного огляду. Збільшення дозволяє лікарю розглядати більш малий деталь, такий як окремі клітини судин або структури сітківки.

Збільшення зображення в офтальмоскопі також залежить від відстані між око лікаря та очним дном пацієнта. Збільшення може бути більшим, якщо око лікаря знаходиться ближче до очного дна. Однак, це також може створити проблему з обмеженою областю огляду. Тому лікарі повинні знайти баланс між збільшенням і зручністю огляду.

Узагальнюючи, основне призначення офтальмоскопа - це діагностика, оцінка та моніторинг стану очей, ретини та судин ока. Він допомагає виявляти офтальмологічні відхилення, контролювати стан хронічних захворювань, скринінгувати на ранні стадії захворювань та навіть використовується під час проведення міні-інвазивних процедур.

						Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПК 91.230000.000ПЗ	

1.4.3 Типові схеми приладу

Офтальмологи часто використовують ручний офтальмоскоп як один з основних інструментів для огляду очей пацієнтів. Цей пристрій є портативним, легким і зручним у використанні. Він складається з голови, де розташовані світлове джерело та оптична система, і ручки, яка служить для утримання та керування приладом.

В офтальмологічній практиці ручні офтальмоскопи здобули широке поширення. Вони призначені для проведення прямої та зворотної офтальмоскопії у положенні сидячи або лежачи. Ручні офтальмоскопи доступні в наступних варіантах:

Електричні, які живляться від мережі змінного струму.

Автономні, які живляться від батарейок або акумуляторів.

Багато з таких офтальмоскопів мають волоконний світловод та окремий пульт-освітлювач для джерела світла. Портативний ручний офтальмоскоп призначений для прямої офтальмоскопії, але також може використовуватися для зворотної офтальмоскопії за допомогою входящої в комплект лупи зі значенням ± 13 діоптрій. Цей пристрій дозволяє здійснювати флуоресцентну ангиографію (з використанням синього світлофільтра), поляризаційні дослідження в безчервоному і помаранчевому світлі, а також вимірювання на очному дні. Оптична схема офтальмоскопа представлена на рис 1.1 [9,10] .

Один з головних елементів ручного офтальмоскопа - це система збільшення, яка дозволяє лікареві отримувати детальне зображення структур очей. Ручний офтальмоскоп може мати різні лінзи або діафрагми для контролю глибини фокусу та розміру освітленої ділянки .

					ПК 91.230000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

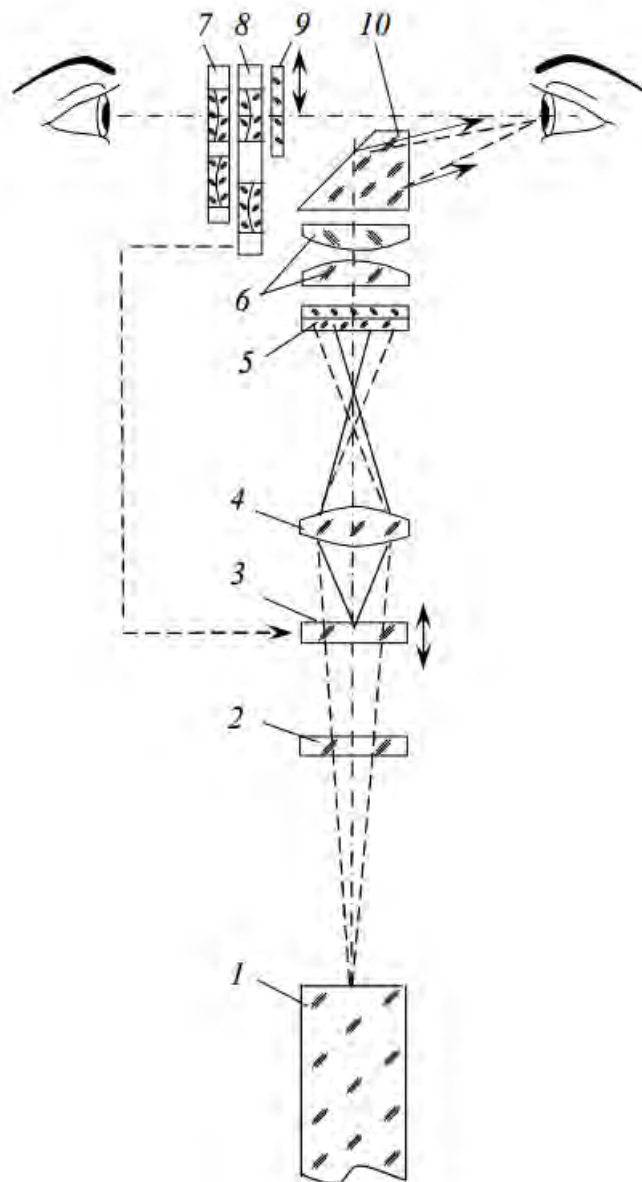


Рисунок 1.1 – Оптична схема портативного ручного офтальмоскопа

Портативний ручний офтальмоскоп працює в парі з освітлювачем, де галогенна лампа виступає джерелом світла. Холодне світло передається до пристрою через волоконний світловод 1. Світловий потік проходить через диск зі світлофільтрами 2, диск (повзун) з сіткою і діафрагмою 3, конденсор 4, поляризатор 5, об'єktiv 6 та призму 10. Цей процес дозволяє формувати зображення світловода 1 на рогівці досліджуваного ока.

Огляд очного дна здійснюється за допомогою додаткового диска з коригувальними лінзами 7, основного диска з коригувальними лінзами 8 і аналізатора 9. Конструкція пристрою включає оптичну насадку та рукоятку з вбудованим волоконним світловодом, який з'єднаний з освітлювачем. В оптичній насадці розміщені всі оптичні елементи та механічні компоненти для їх переміщення. Аналізатор 9 може виходити з системи огляду, що дозволяє спостерігати очне дно природним світлом (при цьому поляризатор діє як нейтральний світлофільтр). Два вертикальні револьверні диски з коригувальними лінзами забезпечують корекцію аметропії в діапазоні до ± 39 дптр.

Завдяки обертанню горизонтального диску 2 зі світлофільтрами, який містить "безчервоний" (СЗС22), помаранчевий (ОС13) та синій (СС8) фільтри, можна змінювати колірні властивості світлового потоку. Неподалік від першого диску знаходиться інший горизонтальний диск 3, який включає круглу діафрагму, щілину та вимірювальну сітку.

Для більш детального дослідження очного дна та оцінки розмірів його структур, в офтальмоскопі використовується пристрій, що дозволяє автоматично фокусувати сітку на очне дно за допомогою кулачкового механізму. Цей механізм переміщає весь пристрій вздовж оптичної осі приладу, коли основний вертикальний диск 8 обертається разом з коригувальними лінзами. Така конструкція забезпечує постійний масштаб зображення сітки на очному дні, незалежно від значень рефракції очей.

Ручний офтальмоскоп залишається необхідним компонентом у сучасних офтальмологічних кабінетах медицини. Він відзначається своєю доступністю, портативністю та надійністю, що робить його незамінним інструментом для базового огляду очей та виявлення різних очних захворювань .

					ПК 91.230000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

1.5 Огляд характеристик аналогів приладу

1.5.1 Фотоофтальмоскоп

Фотоофтальмоскопи – це спеціальні фотокамери, призначені для реєстрації офтальмоскопічної картини на фотоплівці.

Існують як стаціонарні, так і портативні фотоофтальмоскопи. Проте, більшість з них є стаціонарними камерами, які мають координатний столик та опору для пацієнта, розміщені на офтальмологічному столику. Ці камери дозволяють здійснювати фотографування за допомогою стандартної 35-міліметрової плівки або виконувати цифрову реєстрацію зображень. Оптична схема поляризаційного фотоофтальмоскопа представлена на рисунку 1.2 [11,12]. Головною складовою частиною є фотокамера, яка встановлена на координатному столику.

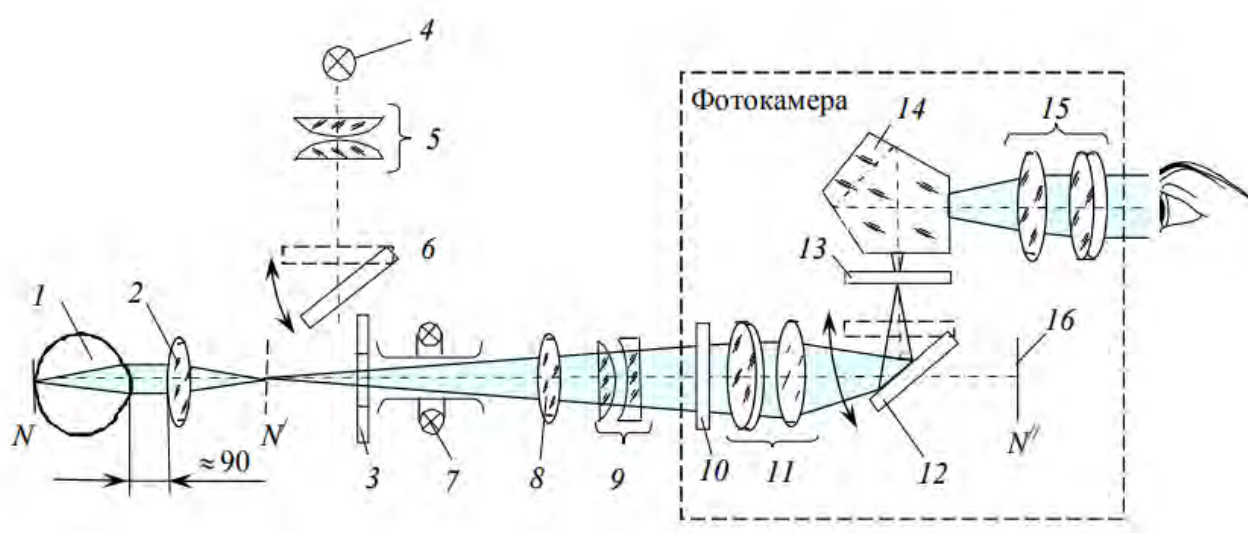


Рисунок 1.2 – Оптична схема поляризаційного фотоофтальмоскопа

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Лампа імпульсів 7 використовується як джерело світла під час фотографування. Наприклад, лампа ISK-25 є кварцовою трубкою з електродами та має напругу живлення 300 В на конденсаторі. Час спалаху становить 6 мс, інтервал між спалахами - 20 с. Залежно від інтенсивності колірного фону сітківки, енергію спалаху лампи імпульсів можна регулювати на рівні 150 або 300 Дж.

Розсіююча поляризуюча пластина 3 розташована перед лампою імпульсів 7. Офтальмоскопічна лінза 2 утворює зображення джерела світла на відстані приблизно 90 мм від її передньої поверхні. Це зображення повинно відповідати рогівці ока пацієнта. Для отримання чіткості та візуального спостереження за фоном сітківки використовується лампа накаливання 4, наприклад, SC80 з напругою 8 В та потужністю 9 Вт. Конденсатор 5 відображає зображення нитки лампи на відбиваючому дзеркалі 6, яке направляє світло в очі пацієнта 1. Перед лампою імпульсів 7 є дзеркало, яке під час фотографування (у момент спалаху лампи імпульсів 7) відбиває світло таким чином, щоб воно потрапило в очі пацієнта 1. Спостереження та фотографування фону сітківки відбуваються через центральну частину зіниці ока.

Формування зображення фону сітківки та позбавлення відблисків в камері відбувається наступним чином. Світло, відбите фоном сітківки, проходить через вихідну зіницю та потрапляє в офтальмоскопічну лінзу 2. Оптична система ока з офтальмоскопічною лінзою 2 утворює перше проміжне зображення фону сітківки в площині N. Положення цього зображення залежить від аметропії ока пацієнта 1. Для грубого конфокусування зображення фону сітківки з плівкою 16, при будь-якій аметропії пацієнта використовується одна з восьми лінз 8, розташованих на обертовому диску. Точне конфокусування кінцевого зображення N" з площиною плівки 16, тобто точка фокусування, досягається налаштуванням об'єктива камери.

					ПК 91.230000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Для компенсації астигматизму використовується астигматичний коректор 9, який містить позитивні та негативні циліндричні лінзи з однаковою оптичною силою. При фотографуванні стигматичного ока, вісі циліндричних лінз астигматичного коректора розміщуються паралельно, що робить коректор еквівалентним до пласко-паралельної пластини. При фотографуванні астигматичного ока, вісь лінзи астигматичного коректора повинна бути повернута на певний кут, що змінює оптичну силу астигматичного коректора.

Другий поляризатор 10 розташований перед лінзою 11, яка орієнтована таким чином, щоб затушувати поляризоване світло, відбите поверхнею лінзи 2 та рогівкою ока пацієнта 1. Частина світла, відбитого фоном ока, проникає через поляризатор 9, оскільки тканини фону ока, діючи як розсіювальні відбивачі, деполіризують світло, що падає на них. З іншого боку, поляризатор фактично "розділяє" відбите світло фону ока та відбите світло поверхонь лінзи та рогівки ока. Це робиться для отримання безвідблискового зображення фону ока.

Під час фокусування візирне дзеркало 12 опускається, і зображення N" формується в площині різання 13. Окуляр 15 має систему, яка забезпечує діоптричне керування на око спостерігача в діапазоні від -5 до +5 дптр.

Телесентричний шлях променя забезпечує збереження одного й того ж кутового масштабу зображень для очей з різною рефракцією. Елементи фону ока, які мають кутовий розмір 1° , незалежно від рефракції ока, реєструються на плівці з сегментом розміром 0,75 мм. Це дозволяє порівняти абсолютні розміри судин та інших елементів сітківки різних очей з різною рефракцією.

Типові технічні параметри стаціонарних офтальмоскопів:

- Збільшення фотографічної системи 2-3 крат
- Збільшення візуальної системи 10-15 крат
- Те ж саме з телескопічною насадкою 20-30 крат
- Кут поля, що фотографується 30°

- Роздільна здатність в центрі поля, що фотографується 50 штр/мм
- Роздільна здатність оглядової системи в центрі поля зору 100 штр/мм
- Освітленість 150 лк
- Діапазон рефракцій ока ± 25 дптр.

1.5.2 Освітлювальні системи офтальмоскопів (медичних камер)

Оптична схема приладу, яка показана на Рисунку 1.3, відповідає вимогам рівномірного і достатнього освітлення ділянки очного дна, що фотографується, в освітлювальній частині медичної камери [13,14].

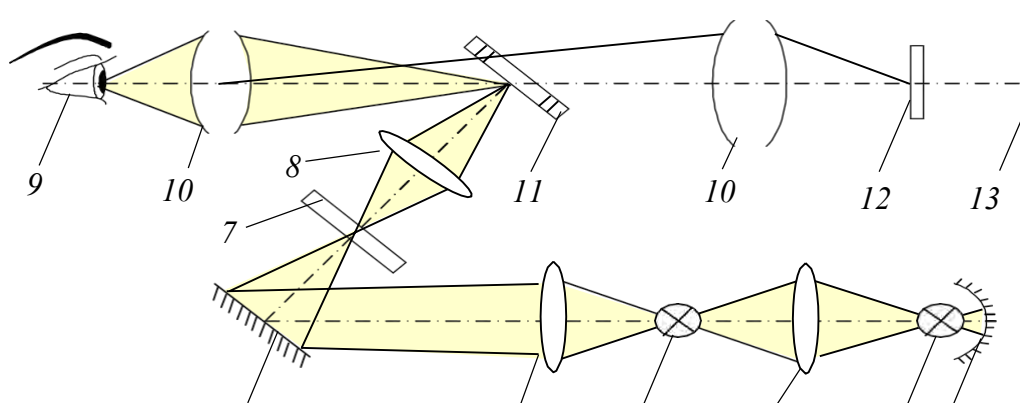


Рисунок 1.3 – Схема медичної камери для фотографування очного дна

Світлові промені, випромінювані лампою 2, після відбиття від сферичного дзеркала 1 та проходження через конденсатор 3, спрямовуються на нитку підсвічування лампи 4. Після проходження через конденсатор 5 та відбиття від дзеркала 6, промені збираються в площині діафрагми 7.

Конденсатор 8 направляє зображення діафрагми до центральної дзеркальної частини діафрагми 11. Потім світлові промені, які пройшли через перший компонент фотолінзи 10, збираються від входу зіниці ока 9 і освітлюють фон ока. Промені освітлення фокусуються на центральній частині рогівки, тоді як промені, які формують відображене зображення фону ока, проходять через неосвітлену кільцеву зону рогівки навколо освітленої центральної частини. Потім промені проходять через прозору зону діафрагми 11, яка контролюється першим компонентом фотолінзи, і направляються до другого компонента 10 через прозору частину діафрагми 12, до площини фотоплівки 13.

На діафрагмі 12 є мале темне плямисте покриття, яке допомагає усунути відблиски, що виникають, коли світлові промені вдаряють у поверхню першого компонента лінзи. Оскільки світлові і фотографічні канали знаходяться на одній осі, зіниця ока використовується повністю. Оптична схема лінзи компактна, але трохи складніша через необхідність усунення відблисків як з рогівки ока, так і з поверхонь першого компонента лінзи. Для усунення відблисків у світловому каналі передбачені захисні діафрагми.

Оптична схема медичної камери, в якій освітлення фону ока здійснюється за допомогою окремого освітлювального каналу (рисунок 1.4). Вона включає компоненти 1...6, розглянуті раніше на рис. 1.2, призму 7, око 8, об'єктив 9 та фотоплівку 10, розташовані у площині зображення. Ця камера має простішу оптичну схему та конструкцію, проте якість фотографій менша, ніж у медичної камери з освітленням фону ока через фотолінзу (див. рисунок 1.3) [15,16].

Освітленість ділянки очного дна, що підлягає фотографуванню, оцінюється за формулою:

$$E = \frac{1}{4} \pi \tau L \left(\frac{n}{n'} \right)^2 \left(\frac{D}{f'} \right)^2, \quad (5.1)$$

де τ – коефіцієнт пропускання оптичної системи і оптичних середовищ; L – яскравість джерела; n' – усереднений показник заломлення оптичних середовищ ока ($n' \approx 1,34$); $n=1$; $f \approx 23$ мм – задня фокусна відстань оптичної системи ока.

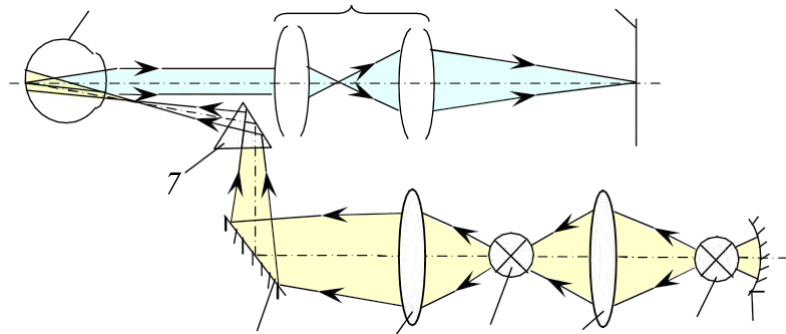


Рисунок 1.4 – Медична камера з незалежним освітлювальним каналом

Для нормального спостереження і фотографування очного дна рекомендується інтервал освітленостей 1000...4000 лк [17,18].

1.5.3 Piccolight E56

Офтальмоскоп Piccolight E56 від компанії KaWe є портативним та компактним приладом, призначеним для огляду очного дна (рис. 1.5). Ось короткий опис його характеристик, переваг та недоліків:

					ПК 91.230000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33



Рис 1.5 Офтальмоскоп (Piccolight E56)

Характеристики:

1. Оптика: Офтальмоскоп має високоякісну оптику, що забезпечує яскраве та детальне зображення очного дна. Це дозволяє лікареві або медичному фахівцю бачити структури ока з високою роздільною здатністю.

2. Світлоджерело: Використовується світлодіодне джерело світла, яке забезпечує рівномірне та яскраве освітлення. Світлодіоди мають довгу тривалість служби та низьке споживання енергії.

3. Лінзи: Piccolight E56 має декілька лінз з різними збільшеннями (зазвичай 2,5x та 5x), що дозволяє налаштовувати збільшення для підходу до різних типів досліджень та пацієнтів [19,20].

					ПК 91.230000.000ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Фільтри: Деякі моделі Piccolight E56 оснащені спеціальними фільтрами, які допомагають підсвітити й підкреслити певні структури, такі як кров'яні судини або дефекти рогівки.

5. Регульована яскравість: Офтальмоскоп має функцію регулювання яскравості світла, що дозволяє користувачеві контролювати інтенсивність освітлення відповідно до потреб досліджуваної області та власних вподобань.

6. Живлення: Piccolight E56 може житися від батарейок або акумулятора, що забезпечує зручність використання та мобільність.

7. Дизайн і комфорт: Офтальмоскоп має ергономічний дизайн зручною рукояткою, що дозволяє комфортно тримати його під час огляду.

Офтальмоскоп Piccolight E56 від KaWe має кілька переваг, які роблять його популярним серед медичних фахівців. Ось деякі з них:

1. Портативність: Завдяки своєму компактному та легкому дизайну, Piccolight E56 є дуже портативним. Це дозволяє лікареві легко переносити його між кабінетами, використовувати його у виїзних консультаціях або при необхідності швидкого огляду пацієнта.

2. Зручне використання: Офтальмоскоп має простий та зрозумілий інтерфейс, що дозволяє легко його керувати. Кнопки керування знаходяться на зручному місці, що спрощує налаштування параметрів та користування пристроєм.

3. Висока якість зображення: Завдяки якісній оптиці та світло-джерелу, Piccolight E56 забезпечує яскраве, чітке та детальне зображення очного дна. Це дозволяє медичному фахівцю бачити навіть найдрібніші деталі та патологічні ознаки, що сприяє точній діагностиці та моніторингу стану очей.

					ПК 91.230000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

4. Регульована яскравість: Офтальмоскоп дозволяє користувачу регулювати яскравість світла. Це дозволяє налаштувати оптимальну освітленість в залежності від потреби та особливостей досліджуваної області.

5. Змінні лінзи: Наявність декількох лінз з різними збільшеннями дає можливість налаштувати оптимальне збільшення для різних типів досліджень та вимог.

6. Довгий термін служби світло-джерела: Використання світлодіодного джерела світла в Piccolight E56 дозволяє продовжити тривалість його роботи, оскільки світлодіоди мають довгий термін служби та низьке споживання енергії.

Загалом, Piccolight E56 є зручним та надійним офтальмоскопом з високою якістю зображення, що дозволяє медичним фахівцям ефективно проводити огляд очного дна та діагностувати різноманітні очні захворювання.

Незважаючи на свої переваги, офтальмоскоп Piccolight E56 також має деякі недоліки, які варто враховувати:

1. Обмежена функціональність: У порівнянні з деякими більш продвинутими моделями офтальмоскопів, Piccolight E56 може мати обмежений функціонал та додаткові опції. Наприклад, він може не мати певних функцій, таких як регулювання фокусу чи фільтри для спеціалізованих застосувань.

2. Обмежена глибина проникнення світла: В деяких випадках, залежно від потреби огляду та стану очного дна, може бути необхідне додаткове освітлення або використання інших офтальмоскопів з більшою глибиною проникнення світла. При розгляді структур глибоких шарів очного дна або в наявності значного ступеня поглинання світла, можуть виникати обмеження.

3. Відсутність додаткових аксесуарів: Piccolight E56 може не входити до комплекта з додатковими аксесуарами, які можуть бути корисні для покращення досліджень. Наприклад, він може не мати змінних діафрагм для регулювання розміру світлового плями, що може обмежити можливості адаптації до різних умов та типів досліджень.

					ПК 91.230000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

4. Відсутність інтеграції з цифровими технологіями: Piccolight E56 може бути більш традиційним офтальмоскопом без можливості підключення до цифрових систем або збереження даних. Це означає, що зображення та результати огляду можуть потребувати окремого запису або передачі у форматі паперових або інших носіїв інформації.

Необхідно зазначити, що деякі з перерахованих недоліків можуть бути відсутніми в певних модифікаціях чи вдосконаленнях офтальмоскопа Piccolight E56, оскільки модель може мати різні варіанти та варіації залежно від виробника та випуску.

1.5.4 Heine mini 3000

Офтальмоскоп Heine mini 3000 - це компактний і портативний медичний пристрій, який використовується для огляду очного дна(рис.6). Ось короткий опис його характеристик, переваг і недоліків:



Рис 1.6 Heine mini 3000

					ПК 91.230000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Характеристики:

1. Оптична система: Heine mini 3000 використовує високоякісну оптичну систему, що забезпечує яскраве та чітке зображення очного дна. Це дозволяє медичним фахівцям детально оглядати структури ока та виявляти патологічні зміни.

2. LED-підсвічування: Вбудоване LED-джерело світла забезпечує належне освітлення під час огляду. LED-технологія забезпечує яскраве та однорідне світло, а також енергоефективність та тривалий термін служби.

3. Збалансоване освітлення: Heine mini 3000 має спеціальну оптичну систему, яка допомагає забезпечити рівномірне освітлення поля зору. Це дозволяє отримувати чітке та рівномірне зображення без тіней або спотворень.

4. Компактний дизайн: Heine mini 3000 має компактну конструкцію, що дозволяє зручно тримати його в руці та проводити огляд. Це особливо важливо при роботі з дітьми або пацієнтами, які мають обмежену мобільність.

5. Зручність використання: Офтальмоскоп Heine mini 3000 має зручну кнопку включення/виключення, що дозволяє легко управляти освітленням. Він також може поставлятися зі змінними діафрагмами або фільтрами для регулювання розміру світлового плями та спеціалізованих досліджень.

6. Живлення: Heine mini 3000 працює від батарейок, що забезпечує його портативність та незалежність від електричної мережі.

Варто зазначити, що це загальні характеристики офтальмоскопа Heine mini 3000, і конкретні моделі або версії можуть мати деякі варіації в цих характеристиках.

Недоліки:

1. Обмеженість глибини огляду: Офтальмоскоп Heine mini 3000 може мати обмежену глибину огляду. Це означає, що деякі глибоко розташовані структури очного дна можуть бути складніше визначити або вимагати додаткових зусиль з боку медичного фахівця.

					ПК 91.230000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

2. Відсутність змінної фокусної відстані: Heine mini 3000 може мати фіксовану фокусну відстань, що означає, що користувачу потрібно знаходитися на певній відстані від пацієнта для отримання якісного зображення. Це може бути не зручним для деяких ситуацій або вимагати додаткових пристосувань.

3. Відсутність додаткових режимів або функцій: Heine mini 3000 може бути спрощеною версією офтальмоскопа без додаткових режимів або функцій. Наприклад, він може не мати можливості зміни інтенсивності світла або збільшення зображення, що може бути корисним у певних клінічних ситуаціях.

4. Обмежений вибір аксесуарів: Залежно від моделі Heine mini 3000, вибір аксесуарів або запасних частин може бути обмеженим. Наприклад, деякі спеціалізовані діафрагми або фільтри можуть бути недоступними для конкретної моделі, що обмежує його варіативність та можливості.

5. Ергономіка: Для деяких користувачів Heine mini 3000 може бути не таким зручним у використанні через його розмір, форму або вагу. Він може не ідеально підходити для всіх розмірів рук або стилів роботи.

1.6 Обґрунтування вибору схеми розроблюваного приладу

Розглянувши в попередніх пунктах усі особливості офтальмоскопів, можна обґрунтувати вибір схеми розроблювального пристрою.

Основна мета проекту полягає у впровадженні документаційного засобу для реєстрації результатів дослідження очного дна, що виконується з використанням ручного мобільного офтальмоскопа. Ця мета досягається шляхом розширення функціональності офтальмоскопа за допомогою оптичних та електронних компонентів, а також вбудованого програмного забезпечення, що дозволяє здійснювати цифрове фотографування видимого зображення очного дна [21,22].

					ПК 91.230000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Структуру оптичної схеми фотоофтальмоскопа поєднує в собі як можливість прямого спостереження, так і фіксації зображення, можна уявити наступним чином (рис. 1.7)

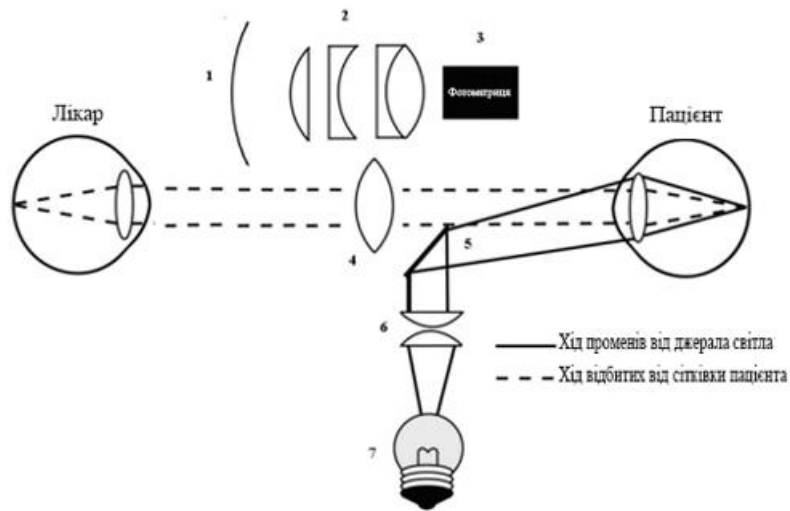


Рис. 1.7 Схеми оптичного тракту фотоофтальмоскопа

На рис. 1.7 застосовані такі позначення: 1 - рухоме дзеркало в положенні для прямого огляду, 2 - лінза фотоматриці, 3 - фотоматриця, 4 - лінза фокусувального барабана, 5 - нерухоме дзеркало, 6 - лінзи, що фокусують, 7 - джерело світла.

Пристрій може працювати на акумуляторі, що робить його більш універсальним і зручним у використанні. Крім того, його можна носити в руках або закріплювати на штативі під час проведення оглядів.

Висновки до розділу 1

У цьому розділі було розглянуто офтальмологію, як область медицини, в загальному понятті. Також були розглянуті захворюваності людського ока та методи і засоби діагностики його патологічних станів. Був розглянутий офтальмоскоп, як діагностичний медичний прилад, його призначення, принципи роботи та типові схеми.

Крім того, був проведений аналіз характеристик приладів, які використовуються для діагностики очного дна, а також виявлені їх основні особливості.

Розглянуто принцип роботи освітлювальних систем, що застосовуються в офтальмоскопах. Проаналізовано сучасні аналоги розроблюваного приладу, їх недоліки та переваги конструкції, функціонал та можливості, що дало змогу обґрунтувати вибір схеми, на основі якої буде в подальшому реалізовуватись проектування мобільного офтальмоскопа.

					ПК 91.230000.000ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2. ПРОЄКТУВАННЯ МОБІЛЬНОГО ОФТАЛЬМОСКОПА

2.1 Розробка функціональної схеми приладу

У попередньому розділі була розглянута загальна схема портативного офтальмоскопа (рис. 1.7). Оскільки функціональні можливості цієї схеми є надто простими без використання сучасних можливостей, була розроблена оновлена функціональна схема мобільного офтальмоскопа з додаванням різних функцій та можливостей, як показано на рис. 2.1.

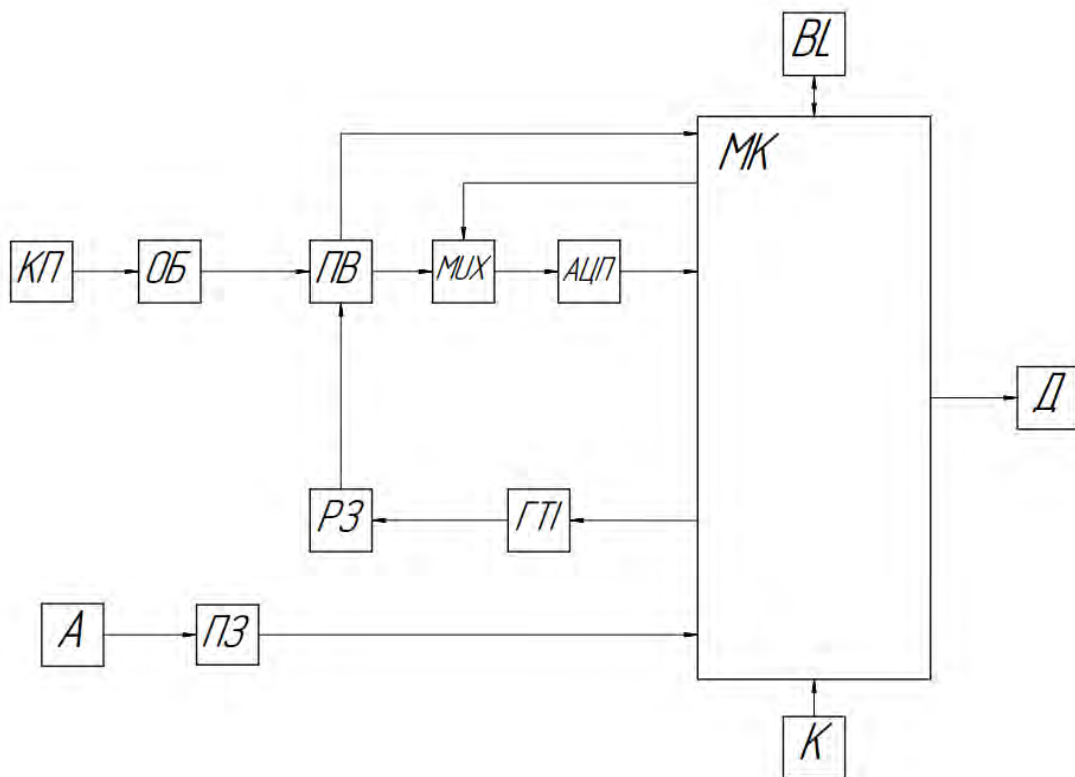


Рис. 2.1. Функціональна схема мобільного офтальмоскопа

- КП – канал підсвітки
- ОБ – об’єктив
- А – акумулятор

- ПЗ – плата зарядки
- ПВ – приймач випромінювання
- РЗ – регістр зсуву
- MUX – мультиплексор
- АЦП – аналого-цифровий перетворювач
- ГТІ – генератор тактових імпульсів
- МК – мікроконтролер
- BL – Bluetooth-модуль
- К – кнопки
- Д – дисплей

У даній схемі оптичне зображення мобільного офтальмоскопа, проходячи канал підсвітки КП, формується об'єктивом ОБ і передається на приймач випромінювання ПВ. Для подальшої обробки сигнал потрапляє на мікропроцесор МК з вбудованим аналогово-цифровим перетворювачем АЦП. Виміряні значення виводяться на дисплей Д та записуються на пристрій зберігання даних. За допомогою кнопок К виконується управління приладом. Для передачі інформації на ПК чи смартфон використовується Bluetooth-модуль BL. Акумулятор А та плата зарядки ПЗ являються джерелом живлення, що є великою перевагою над блоком живлення, оскільки присутня портативність та компактність приладу. Регістр зсуву РЗ використовується для послідовного зчитування значень пікселів, що складають отримане зображення, та їх подальшої обробки. Мультиплексор MUX використовується для комутації сигналів та передачі даних з різних джерел до оброблювача зображення, це дозволяє збільшити функціональність пристрою та його можливості. Генератор тактових імпульсів ГТІ використовується для постачання потрібних тактових сигналів, які синхронізують роботу всього пристрою, це забезпечує стабільні і точні імпульси.

					ПК 91.230000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

2.2. Проектування оптичної системи приладу

2.2.1. Розробка оптичної схеми приладу

Була розроблена та оновлена схема мобільного офтальмоскопу представлена на рис.2.2 .

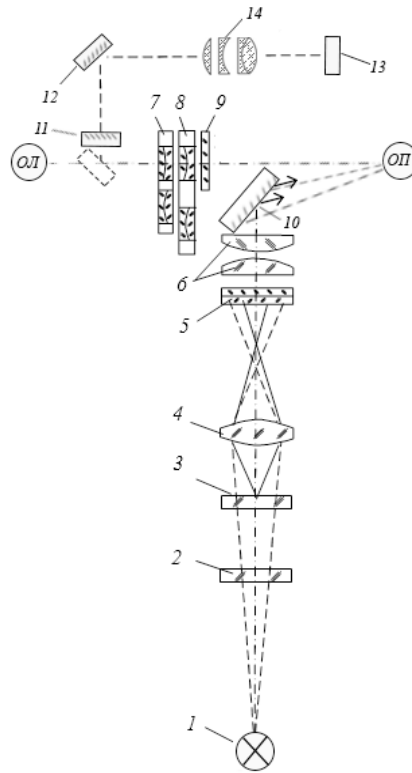


Рис 2.2 Оптична схема мобільного офтальмоскопа

Світло від джерела випромінювання 1 надходить в оптичну систему приладу. Оптичне випромінювання через світлофільтр 2 та сітку 3 потрапляє на конденсор 4, який спрямовує світло через поляризатор 5 на об'єктив 6. Дзеркало 10 формує зображення джерела випромінювання на рогівці досліджуваного ока, оптична система якого фокусує це світло на сітківці. Очне дно спостерігається через додатковий диск з коригувальними лінзами 7, основний диск з коригувальними лінзами 8 і аналізатор 9.

									Арк.
									43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПК 91.230000.000ПЗ				

Рухоме дзеркало 11 може знаходитись у двох позиціях: коли воно підняте, світло не проходить в фотографічний канал системи – зображення очного дна спостерігається безпосередньо лікарем-офтальмологом, коли дзеркало 11 опущене і знаходиться під кутом 45 градусів до основної оптичної вісі системи, зображення очного дна через дзеркало 12 потрапляє на об'єктив 14, який фокусує випромінювання на чутливій площадці приймача випромінювання 13.

2.2.2. Синтез оптичної системи каналу підсвітки з сіткою

Конструктивні параметри оптичної системи та її основні характеристики можуть бути визначені за допомогою різних підходів, таких як, наприклад, метод нульових променів, математичні основи якого відображені у формулах (2.1-2.3).

Формула кутів нульового променю:

$$tg\sigma_{k+1} = \frac{n_k}{n_{k+1}} tg\sigma_k + \frac{n_{k+1}-n_k}{n_{k+1}} \cdot \frac{h_k}{r_k} \quad (2.1)$$

Формула висот нульового променю:

$$h_{k+1} = h_k - d_k tg\sigma_{k+1} \quad (2.2)$$

Формула визначення заднього фокального відрізка оптичної системи для нульових променів:

$$S_{p+1} = \frac{h_p}{tg\sigma_{p+1}} \quad (2.3)$$

					ПК 91.230000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Формула визначення лінійного збільшення оптичної системи для нульових променів:

$$\beta = \frac{n_1 \operatorname{tg} \sigma_1}{n_{p+1} \operatorname{tg} \sigma_{p+1}} \quad (2.4)$$

Проте, такий підхід може надати лише приблизний оціночний розв'язок, отже, для більш точного визначення характеристик оптичної системи доцільно використовувати спеціалізовані системи автоматичного дизайну такі як CAD Zemax.

Для моделювання оптичної системи каналу підсвітки з сіткою було використано програмне середовище Zemax. Давайте розглянемо процес побудови оптичної системи докладніше.

Для синтезу об'єктива в оптичній системі розроблюваного приладу були використані наступні значення конструктивних параметрів, які наведені в таблиці і показані на Рисунку 2.3.

Surf	Type	Comment	Radius	Thickness	Glass	Semi-Diameter	Conic
OBJ	Standard		Infinity	20.000		0.000	0.000
*	Standard		Infinity	1.500	LZ_K8	5.000 U	0.000
2*	Standard		Infinity	10.000		5.000 U	0.000
3*	Standard		Infinity	2.000	LZ_F1	5.000 U	0.000
4*	Standard		Infinity	10.000		5.000 U	0.000
5*	Standard		9.000	3.500	LZ_K8	5.000 U	0.000
6*	Standard		-11.500	20.000		5.000 U	0.000
7*	Standard		Infinity	2.000	LZ_K8	5.000 U	0.000
8*	Standard		Infinity	4.000		5.000 U	0.000
9*	Standard		Infinity	2.000	LZ_F6	5.000 U	0.000
10*	Standard		-16.000	2.000		5.000 U	0.000
11*	Standard		16.000	2.000	LZ_TK9	5.000 U	0.000
12*	Standard		Infinity	7.000		5.000 U	0.000
13#	Standard		Infinity	-25.000	MIRROR	7.000 U	0.000
*	Standard		Infinity	-		3.555	0.000

Рис 2.3. Конструктивні параметри оптичної системи каналу підсвітки з сіткою

Рисунок 2.4 демонструє зовнішній вигляд спроектованої оптичної системи у вигляді пустотілого тривимірного зображення, тоді як рисунок 2.5 показує тіньову модель цієї оптичної системи.

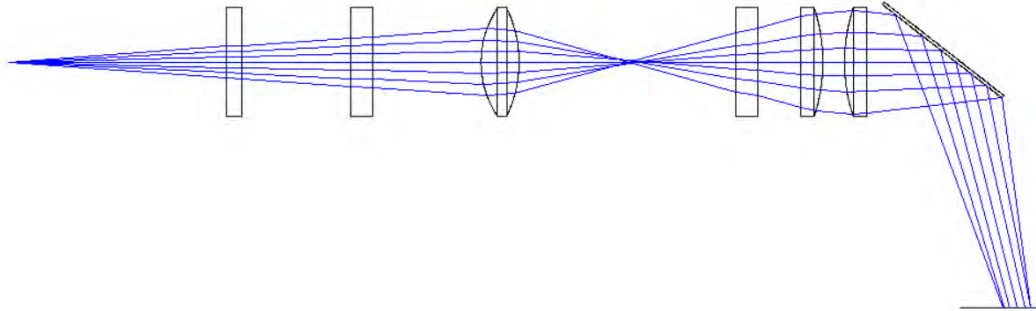


Рис. 2.4. Тривимірне пустотіле зображення оптичної системи каналу підсвітки з сіткою

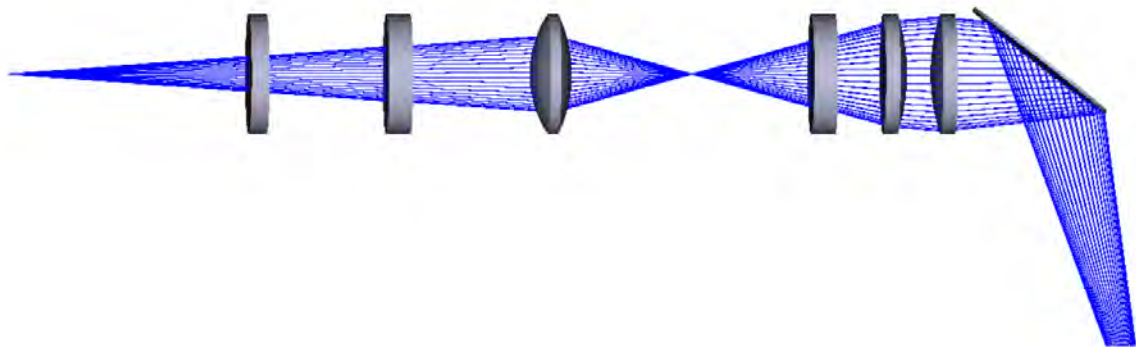


Рис. 2.5. Тіньова модель оптичної системи каналу підсвітки з сіткою

На рис. 2.3 бачимо, що світловий радіус, який розташований на 25 мм від останньої оптичної поверхні, складає 3.555 мм. Даного значення буде достатньо, щоб покрити всю вхідну зіницю людського ока, розмір якої при нормальних умовах освітленості складає 2 мм, та сформувати на очному дні достатній рівень освітленості для ефективного виявлення патологій при діагностиці.

Рисунок 2.6 демонструє графік залежності відносної чутливості оптичної системи від довжини хвилі.

<input checked="" type="checkbox"/>	1	0.4	1
<input checked="" type="checkbox"/>	2	0.5	1
<input checked="" type="checkbox"/>	3	0.65	1

Рис. 2.6 Залежність спектральної чутливості об'єктива фотографічного каналу від довжини хвилі.

На рисунку 2.7 представлені результати функції "Illumination 2D Surface", яка відтворює зображення двовимірного плану розподілу рівня концентрації випромінювання з показником кольору.

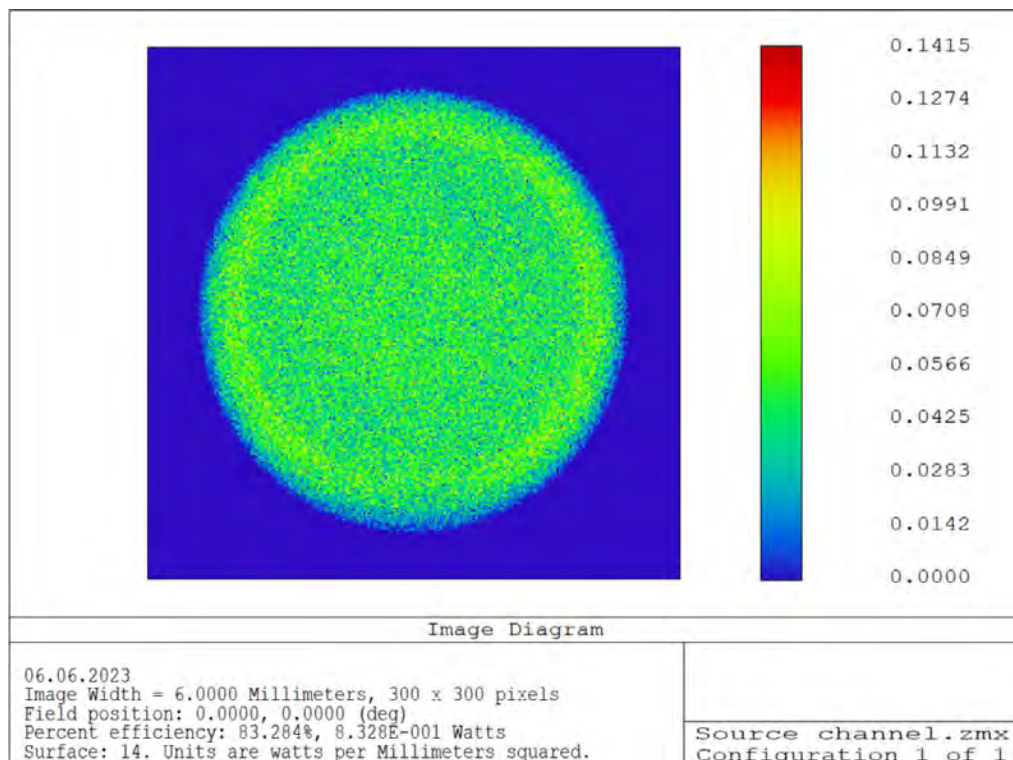


Рис. 2.8. Відображення графічного представлення рівнів концентрації випромінювання в оптичній системі каналу підсвічування з використанням сітки.

Для отримання загальних характеристик використовується функція "Sys" (див. Рисунок 2.9). За допомогою таблиці можна бачимо таку інформацію: задня фокусна відстань системи складає -23,23 мм, а загальна довжина системи, тобто відстань між першою оптичною поверхнею системи і площиною зображення, становить 66 мм .

GENERAL LENS DATA:

```

Surfaces          :          14
Stop              :           1
System Aperture   : Entrance Pupil Diameter = 2.9
Glass Catalogs    : SCHOTT LZOS
Ray Aiming        : Off
Apodization       : Uniform, factor = 0.00000E+000
Temperature (C)   : 2.00000E+001
Pressure (ATM)    : 1.00000E+000
Adjust Index Data To Environment : Off
Effective Focal Length : -23.23664 (in air at system temperature and pressure)
Effective Focal Length : -23.23664 (in image space)
Back Focal Length  : 16.02824
Total Track       : 66
Image Space F/#    : 8.012635
Paraxial Working F/# : 10.53012
Working F/#       : 4.574191
Image Space NA     : 0.04742938
Object Space NA    : 0.07231021
Stop Radius        : 1.45
Paraxial Image Height : 0
Paraxial Magnification : 0
Entrance Pupil Diameter : 2.9
Entrance Pupil Position : 0
Exit Pupil Diameter : 14.52442
Exit Pupil Position : 100.49
Field Type         : Angle in degrees
Maximum Radial Field : 0
Primary Wavelength : 0.4 µm
Lens Units         : Millimeters
Angular Magnification : 0

Fields            : 1
Field Type        : Angle in degrees
#                 X-Value      Y-Value          Weight
1                 0.000000      0.000000         1.000000
    
```

Рис. 2.9. Загальні характеристики оптичної системи каналу підсвітки з сіткою

2.2.3 Синтез об'єктива фотографічного каналу приладу.

Для моделювання об'єктива фотографічного каналу використовувалось середовище Zemax. Розглянемо детальніше хід побудови об'єктива фотографічного каналу приладу.

У таблиці конструктивних параметрів, представлений на Рисунку 2.10, наведено значення, які використовуються для синтезу об'єктива фотографічного каналу, що працює у видимому діапазоні довжин хвиль.

Surf:	Type	Comment	Radius	Thickness	Glass	Semi-Diameter	Conic
OBJ	Standard		Infinity	Infinity		Infinity	0.000
STO	Standard		13.763	V 1.823	LZ_TK14	5.852	0.000
2	Standard		-151.070	V 2.808		5.802	0.000
3	Standard		-21.344	V 0.709	LZ_LF5	5.297	0.000
4	Standard		11.586	V 3.409		5.185	0.000
5	Standard		234.022	1.485	LZ_OF1	5.720	0.000
6	Standard		11.475	3.172	LZ_TK14	6.203	0.000
7	Standard		-15.930	30.520		6.213	0.000
IMA	Standard		Infinity	-		3.162	0.000

Рис 2.10 Конструктивні параметри об'єктива фотографічного каналу мобільного офтальмоскопа

Зовнішній вид спроектованого об'єктива фотографічного каналу у вигляді пустотілого тривимірного зображення показаний на рис. 2.11 та тіньова модель – на рис. 2.12

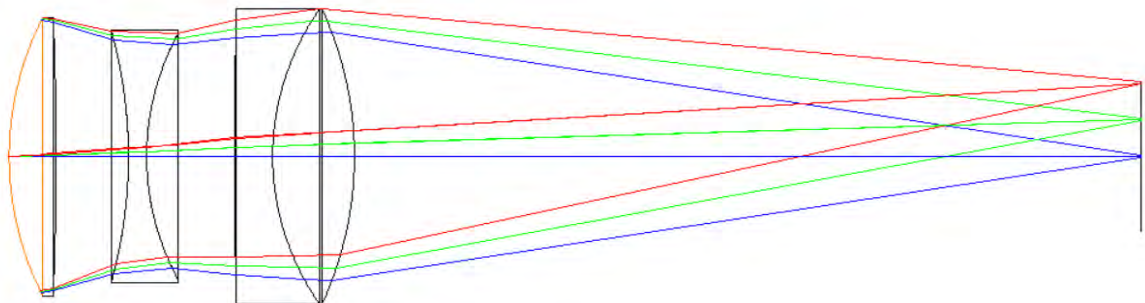


Рис. 2.11 Тривимірне пустотіле зображення об'єктива фотографічного каналу приладу

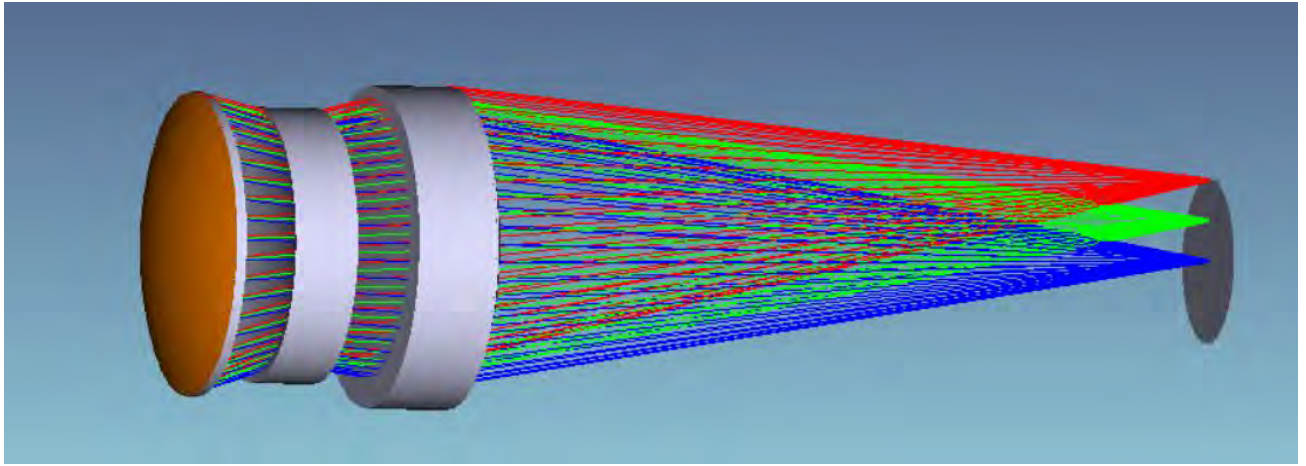


Рис. 2.12 Тіньова модель об'єктива фотографічного каналу

На рис. 2.10 видно, що радіус світлового променя, розташованого на відстані 30,520 мм від останньої оптичної поверхні, становить 3,162 мм. Щоб отримати повний діаметр світлового пучка в площині зображення, треба подвоїти дане значення радіуса світлового променя, отримуючи діаметр 6,324 мм. Розмір чутливої площадки приймача випромінювання для розроблюваного об'єктива фотографічного каналу відповідає даному розміру.

Значення чутливості у відносному масштабі в залежності від довжини хвилі розроблювальної оптичної системи показано на рис. 2.13.

Обрані для аналізу кути поля зору задавалися через функцію «Fie» (рис. 2.14).

Use	Wavelength (μm)	Weight
<input checked="" type="checkbox"/> 1	0.4	1
<input checked="" type="checkbox"/> 2	0.55	1
<input checked="" type="checkbox"/> 3	0.68	1

Рис. 2.13 Значення спектральної чутливості в залежності від довжини хвилі розроблювальної об'єктива фотографічного каналу

Type:	<input checked="" type="radio"/> Angle (Deg)		<input type="radio"/> Object Height
Field Normalization:	Radial		
Use	X-Field	Y-Field	Weight
<input checked="" type="checkbox"/> 1	0	0	1.0000
<input checked="" type="checkbox"/> 2	0	2.5	1.0000
<input checked="" type="checkbox"/> 3	0	5	1.0000

Рис. 2.14 Кути поля зору об'єктива фотографічного каналу

Характеристики просторової частоти якості зображення фокусуючої системи відображаються за допомогою функції "MTF" (рис. 2.15). Графік цієї функції характеризує рівень контрастності та якість зображення оптичної системи.

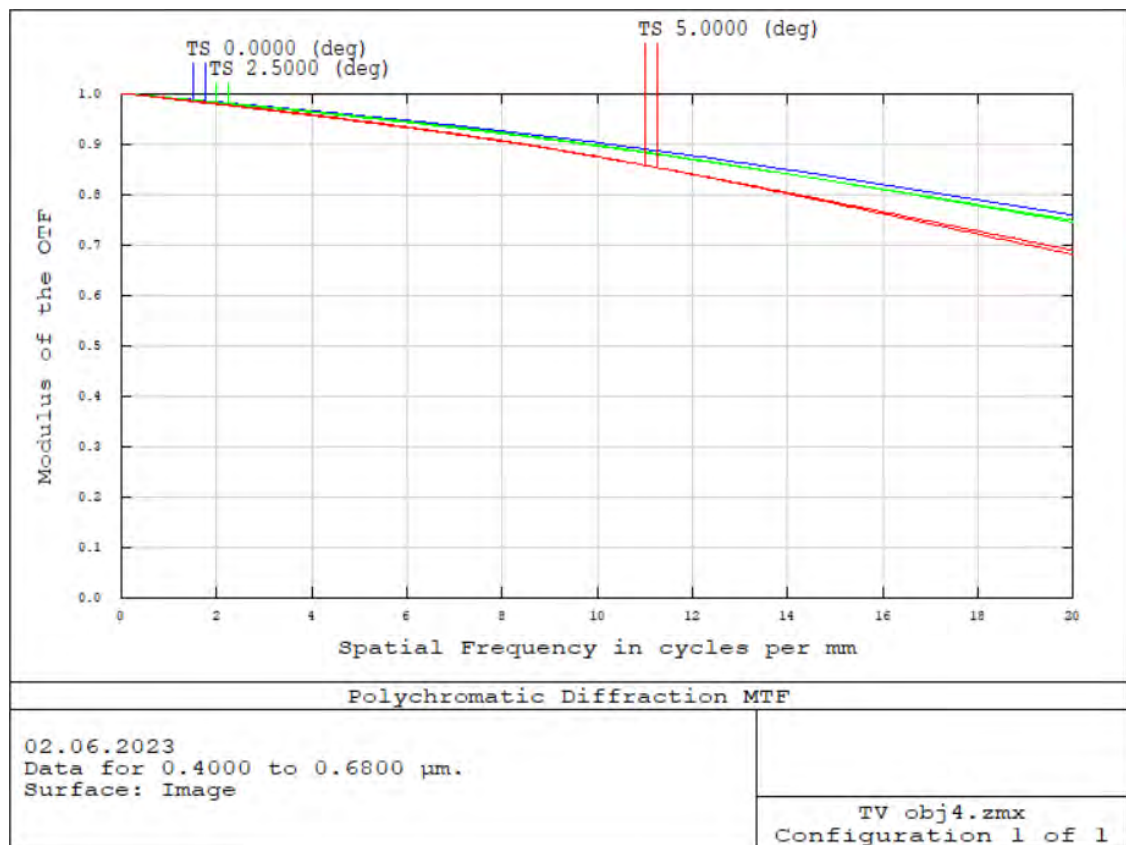


Рис. 2.15 Модуляційна передавальна функція об'єктива фотографічного каналу

В середовищі Zemax, функція "Geometric Image Analysis" дозволяє спостерігати зовнішній вигляд зображених об'єктів і аналізувати їх корисну роздільну здатність. Цей аналіз базується виключно на променевих властивостях геометричних променів. Результати цього аналізу можна побачити на Рисунках 2.16 та 2.17.

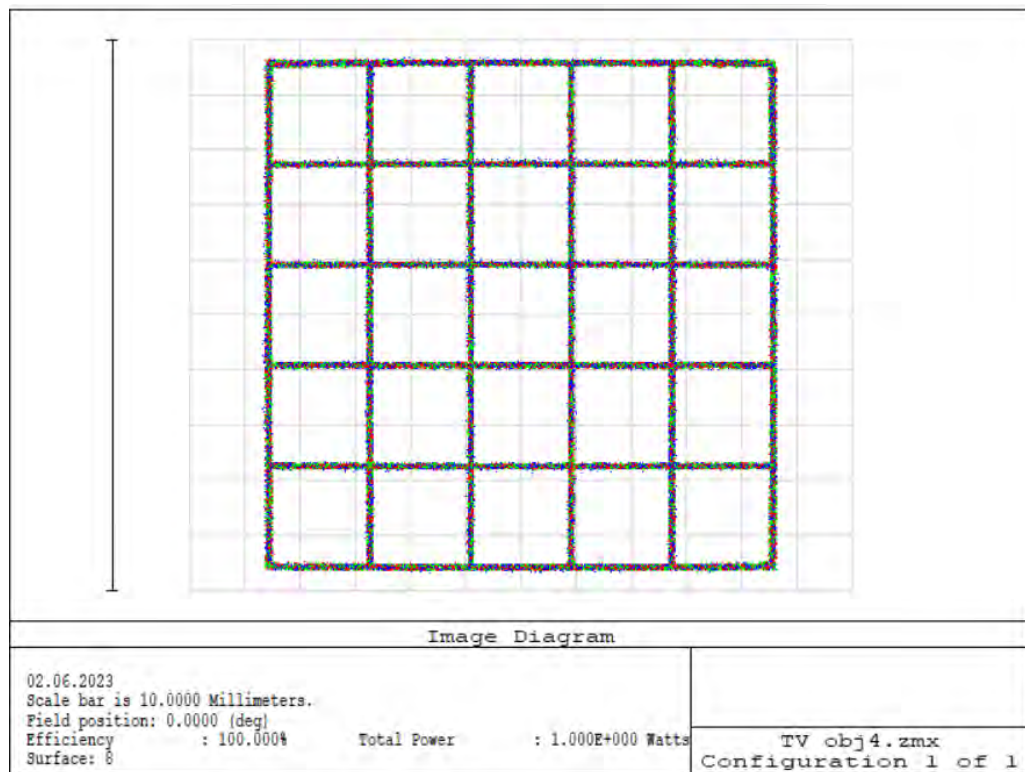


Рис. 2.16 Геометричний аналіз зображення

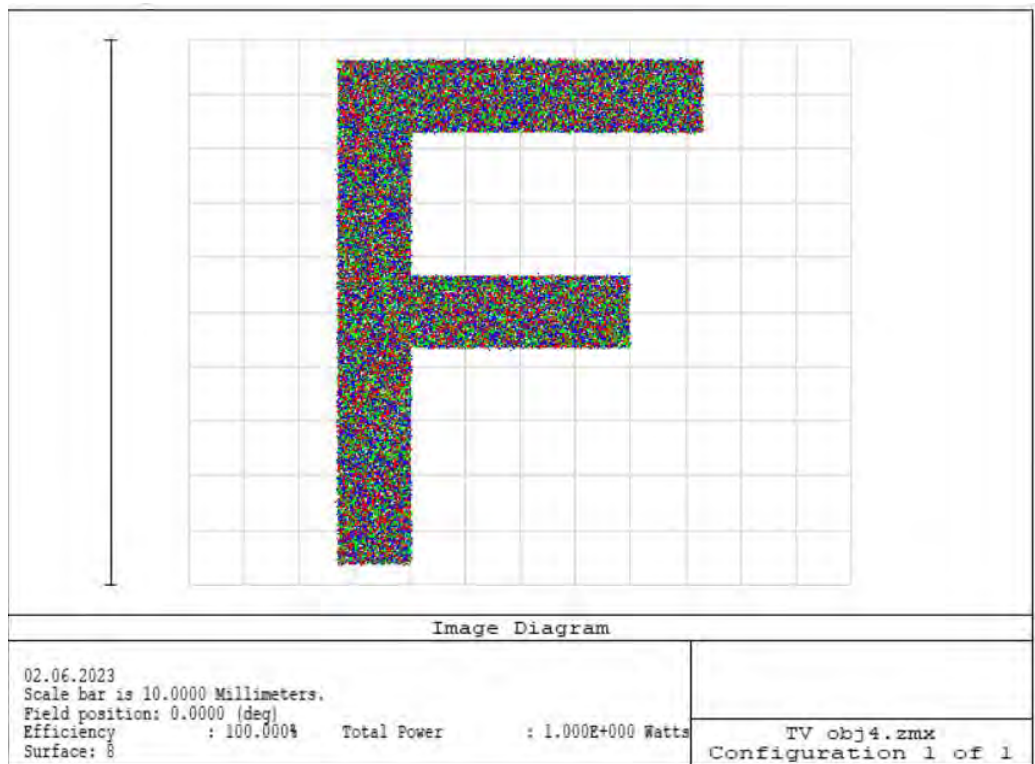


Рис. 2.17 Геометричний аналіз зображення літери «F»

Функція "Geometric Bitmap Image Analysis" генерує кольорове зображення RGB, використовуючи дані про променеве відбиття та растровий файл RGB як джерело інформації (показано на Рисунку 2.18).

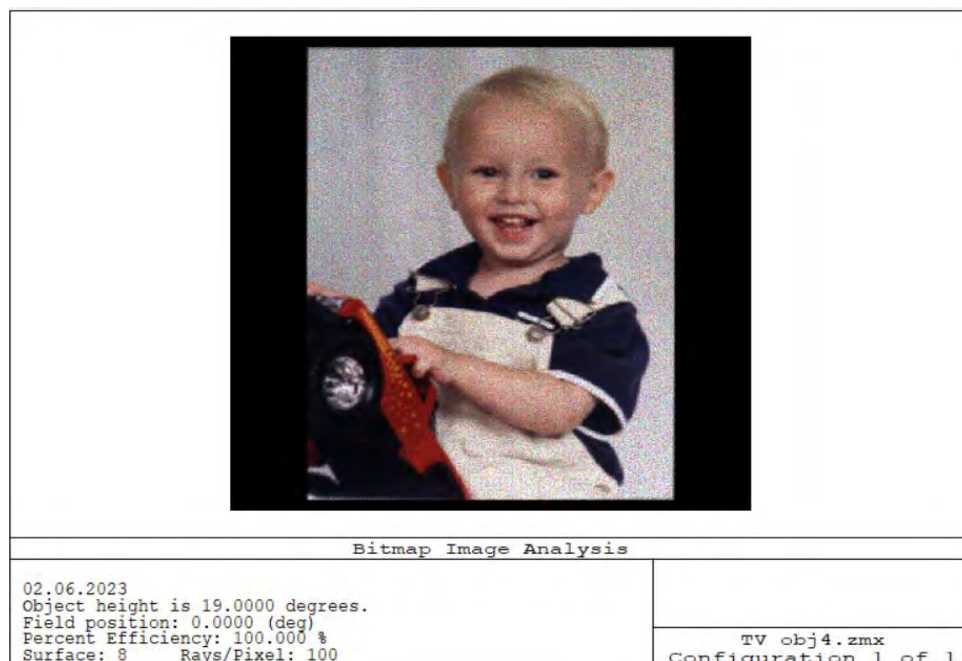


Рис. 2.18 Геометричний аналіз растрового зображення

У синтезованому об'єктиві фотографічного каналу з приймачем випромінювання ефективність складає 100% (рис. 2.18), що підтверджує узгодження їх параметрів.

За допомогою функції "Sys" (показаної на Рисунку 2.19) можна отримати загальні характеристики. За допомогою цієї таблиці можна отримати наступну інформацію: задня фокусна відстань системи складає 35,3 мм, загальна довжина системи, тобто відстань між першою оптичною поверхнею системи та площиною зображення, дорівнює 43,92 мм.

```

GENERAL LENS DATA:

Surfaces          :          8
Stop              :          1
System Aperture   : Entrance Pupil Diameter = 11.475
Glass Catalogs    : SCHOTT LZOS
Ray Aiming        : Off
Apodization       : Uniform, factor = 0.00000E+000
Temperature (C)   : 2.00000E+001
Pressure (ATM)    : 1.00000E+000
Adjust Index Data To Environment : On
Effective Focal Length : 35.30191 (in air at system temperature and pressure)
Effective Focal Length : 35.30191 (in image space)
Back Focal Length  : 30.69163
Total Track       : 43.92541
Image Space F/#    : 3.076419
Paraxial Working F/# : 3.076419
Working F/#       : 3.088079
Image Space NA     : 0.1604217
Object Space NA    : 5.7375e-010
Stop Radius        : 5.7375
Paraxial Image Height : 3.088517
Paraxial Magnification : 0
Entrance Pupil Diameter : 11.475
Entrance Pupil Position : 0
Exit Pupil Diameter : 15.52554
Exit Pupil Position : -47.59135
Field Type         : Angle in degrees
Maximum Radial Field : 5
Primary Wavelength : 0.4 µm
Lens Units         : Millimeters
Angular Magnification : 0.7391047

Fields           : 3
Field Type       : Angle in degrees
#      X-Value   Y-Value   Weight
1      0.000000  0.000000  1.000000
2      0.000000  2.500000  1.000000
3      0.000000  5.000000  1.000000
    
```

Рис. 2.19. Загальні характеристики оптичної системи об'єктиву розроблювального приладу

2.2.4. Побудова моделі оптичної системи офтальмоскопа

В ході роботи було побудовану повну модель оптичної системи приладу. Модель побудована в непослідовному режимі роботи Zemax. Цей режим враховує всі перевідбиття променів від оптичних поверхонь та більш точно розраховує хід променів.

Рисунок 2.20 демонструє зовнішній вигляд спроектованої оптичної моделі приладу у вигляді пустотілого тривимірного зображення, тоді як рисунок 2.21 показує тіньову модель цієї оптичної моделі.

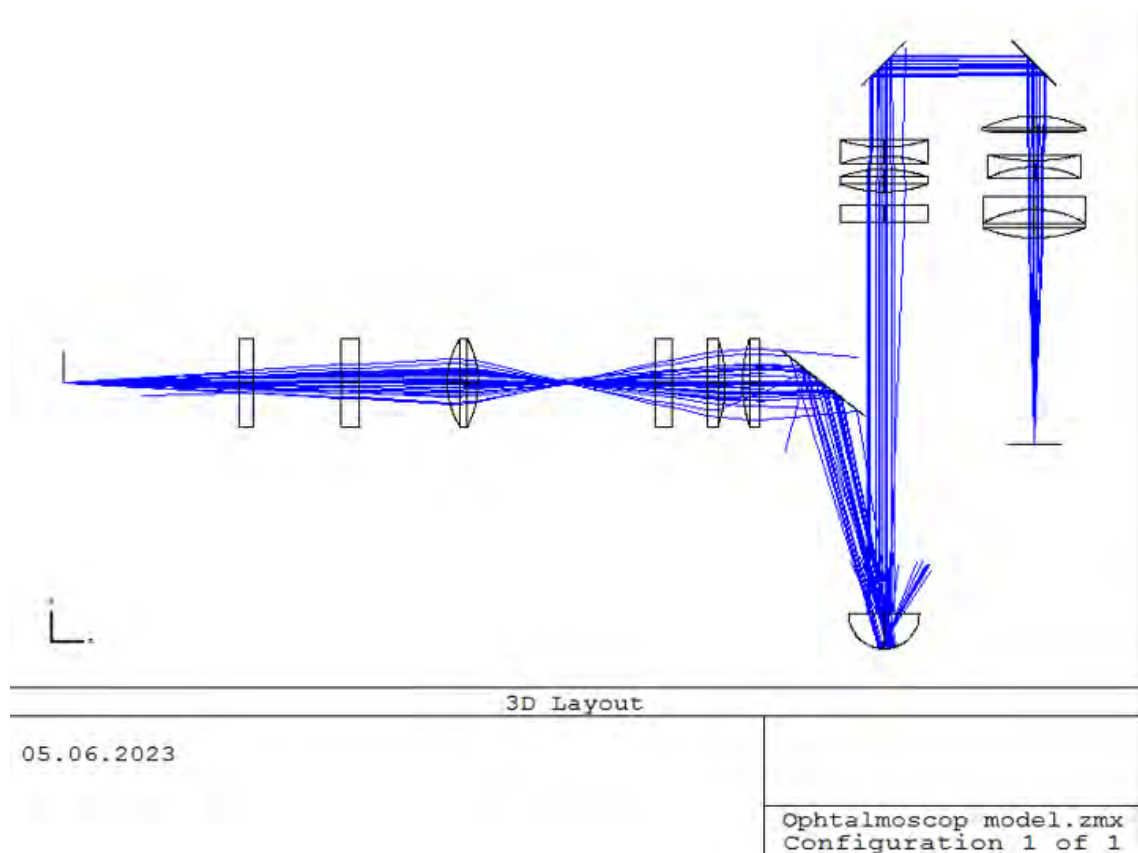


Рис 2.20 Тривимірне зображення оптичної системи приладу

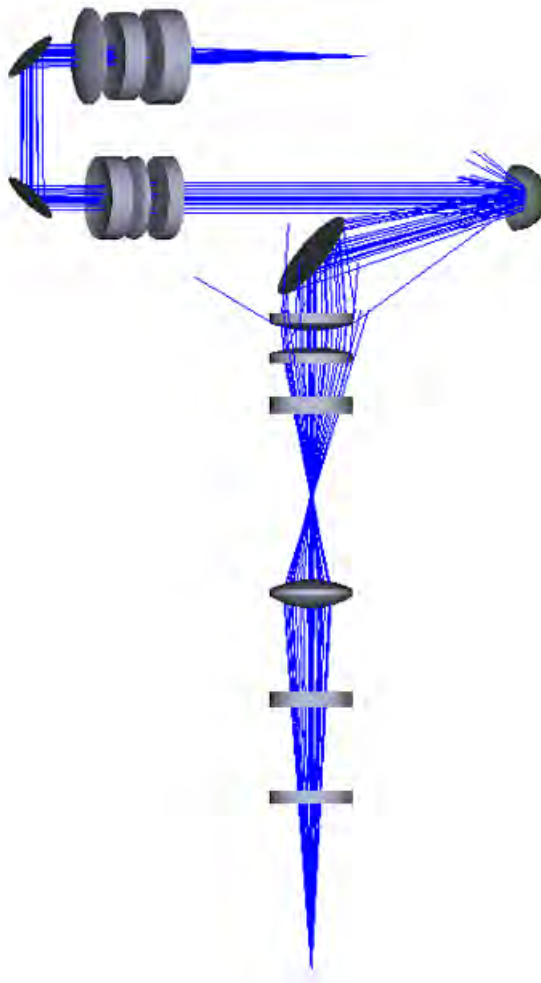


Рис 2.21 Тіньова модель зображення оптичної системи приладу

Висновки до розділу 2

У другому розділі було проведено проектування мобільного офтальмоскопа. А саме було розроблено функціональну схему приладу, розглянуто принцип її роботи та описано можливості. Виконано проектування оптичної схеми приладу з відповідним описом функціоналу. За допомогою середовища Zemax синтезовано та виконано моделювання оптичної системи каналу підсвітки з сіткою та об'єктива фотографічного каналу приладу.

					ПК 91.230000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

Також було побудовано повну модель оптичної системи офтальмоскопа, що містить в собі всі оптичні вузли та компоненти системи. Проаналізовано характеристики та узгодження отриманої оптичної системи, її ефективність, розраховано втрати світла, враховуючи всі особливості використання оптичних матеріалів для даного спектрального діапазону довжин хвиль.

Проведена робота дала змогу визначити необхідні параметри приймача випромінювання та інших електронних компонентів для розроблюваної системи.

					ПК 91.230000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

РОЗДІЛ 3. ПІДБІР ЕЛЕКТРОННИХ КОМПЛЕКТУЮЧИХ ДЛЯ КОНСТРУКЦІЇ МОБІЛЬНОГО ОФТАЛЬМОСКОПА

3.1. Вибір приймача випромінювання

В якості приймача випромінювання був обраний датчик зображення Hamamatsu S7171-0909-01, спеціально розроблений для наукових досліджень. Цей датчик призначений для виявлення слабкого освітлення та характеризується низьким рівнем шуму. Він також може працювати в режимі низького темного шуму (режим MPP).

На Рисунку 3.1 показано загальний зовнішній вигляд обраного датчика зображення Hamamatsu S9736.

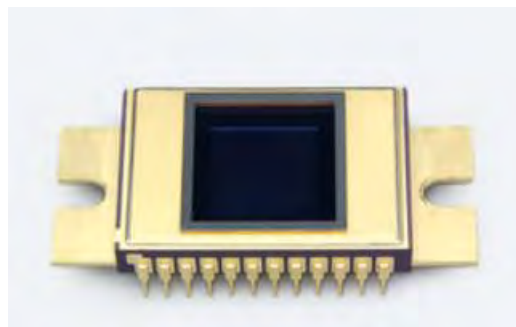


Рис. 3.1. Загальний вигляд датчика зображення Hamamatsu S7171-0909-01

Технічні характеристики:

- Розмір активної області зображення – 12,288x12,228 мм
- Кількість пікселів – 512x512
- Розмір пікселя – 24x24 мм
- Спектральний діапазон – 400 - 1100 нм
- Робота MPP
- Широкий динамічний діапазон

					ПК 91.230000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

- Низький темний струм
- Одноступінчастий тип з ТЕ охолодженням

Спектральний робочий діапазон датчика зображення Hamamatsu S9736 показаний на рис. 3.2.

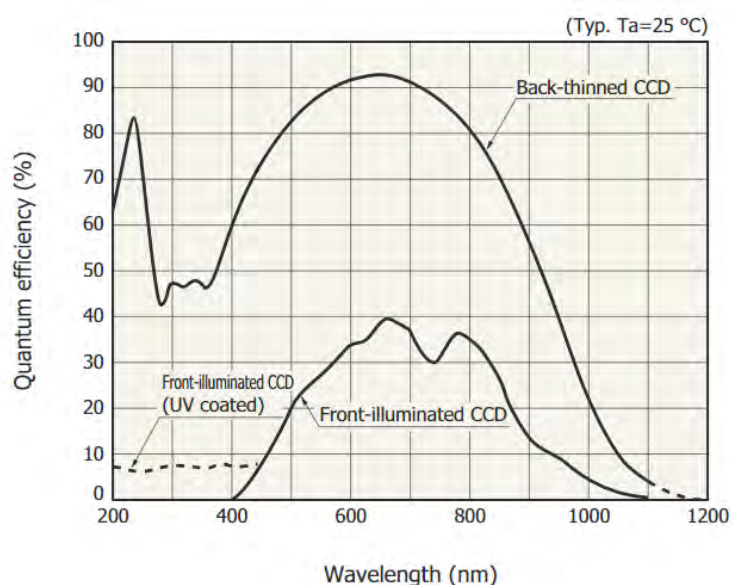


Рис 3.2 Спектральний діапазон чутливості матриці S7171-0909-01

3.2. Вибір АЦП

Для якісного перетворення аналогового сигналу, отриманого від приймача випромінювання, був застосований восьмибітний аналого-цифровий перетворювач (АЦП).

ADC0831 - це 8-бітний аналого-цифровий перетворювач (АЦП). Цей пристрій призначений для перетворення аналогового сигналу в цифровий формат з 8-бітною роздільною здатністю.

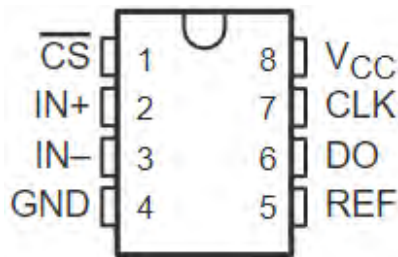


Рис.3.3 Корпус аналогово-цифрового перетворювача ADC0831 8-Bit

Технічні характеристики:

1. Роздільна здатність: 8 біт. Це означає, що пристрій може виконувати перетворення сигналів з точністю до 2^8 (256) рівнів.
2. Кількість вхідних каналів: ADC0831 має один аналоговий вхідний канал, що означає, що ви можете вимірювати лише один аналоговий сигнал за один раз.
3. Інтерфейс зв'язку: ADC0831 використовує простий паралельний інтерфейс, що дозволяє зчитувати цифрові значення з пристрою.
4. Швидкість перетворення: ADC0831 має максимальну швидкість перетворення приблизно 1 мкс. Це означає, що він може здійснювати приблизно 1 млн перетворень в секунду.
5. Напруга постачання: Зазвичай ADC0831 працює з одним джерелом напруги постачання 5 В.
6. Режими роботи: ADC0831 підтримує різні режими роботи, такі як однократний замір, автоматичне замірювання з постійною періодичністю і автоматичне замірювання зовнішнім запуском.
7. Розмір корпусу: ADC0831 доступний у корпусі DIP-8 (Dual Inline Package) з 8 ніжками.

3.3. Вибір мікроконтролера

STM32F103C8T6, також відомий як "Blue Pill", є популярним мікроконтролером з серії STM32. Цей мікроконтролер використовує ядро ARM Cortex-M3 і має велику кількість функцій та периферійних пристроїв.

Цей мікроконтролер є енергоефективним і підтримує роботу в широкому діапазоні напруги.



Рис. 3.4 Загальний вигляд мікроконтролера STM32F103C8T6

Основні параметри мікроконтролера STM32F103C8T6 включають:

1. Ядро: STM32F103C8T6 має ядро ARM Cortex-M3. Це 32-бітне ядро з RISC-архітектурою, що забезпечує високу продуктивність та низьке енергоспоживання.

2. Частота процесора: Максимальна частота процесора STM32F103C8T6 становить 72 МГц. Завдяки цьому можна виконувати швидкі обчислення та взаємодію з периферійними пристроями.

3. Пам'ять: Мікроконтролер має 64 кБ флеш-пам'яті для програмного коду та 20 кБ оперативної пам'яті (SRAM) для збереження даних.

4. GPIO-порти: STM32F103C8T6 має 37 GPIO-портів, які можна налаштувати як входні або вихідні та використовувати для підключення до зовнішніх пристроїв.

5. Інтерфейси: Мікроконтролер підтримує різні інтерфейси, такі як UART, SPI, I2C, USB, CAN та інші. Це дозволяє забезпечити зв'язок з різними пристроями і модулями.

6. АЦП: STM32F103C8T6 має вбудований 12-бітний аналого-цифровий перетворювач (АЦП) зі здатністю до 16 каналів. Це дозволяє вимірювати аналогові сигнали з високою точністю.

7. Інші периферійні пристрої: Мікроконтролер також підтримує такі пристрої, як таймери, зберігання відліків (RTC), прямий доступ до пам'яті (DMA), засоби шифрування та інші, що розширюють його можливості.

8. Живлення: STM32F103C8T6 працює з напругою живлення в діапазоні 2,0-3,6 В. Завдяки низькому рівню енергоспоживання цей мікроконтролер є ефективним для вбудованих пристроїв з обмеженим джерелом живлення.

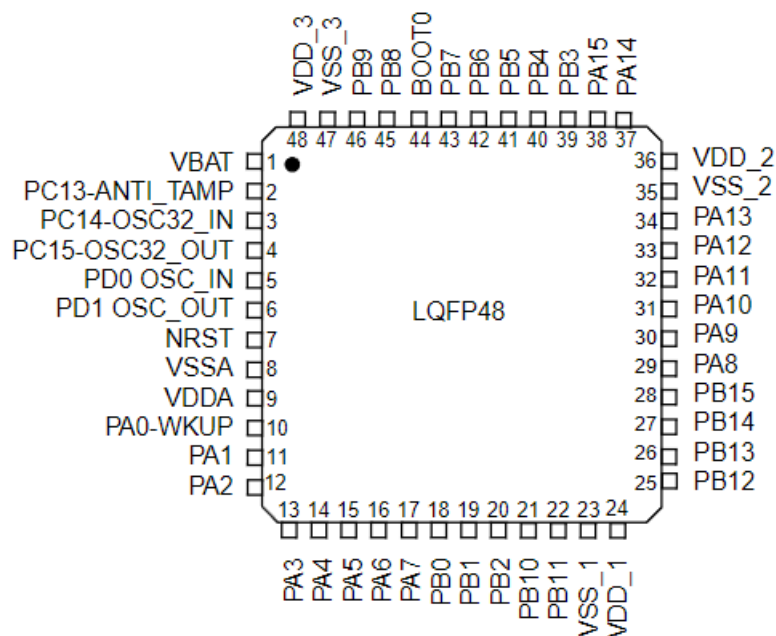


Рис. 3.5 Розташування виводів мікроконтролера STM32F103C8T6

3.4. Вибір дисплею

Дисплей LCD-PD050OX1 є популярним вибором для різних електронних пристроїв з квадратною формою екрану. Цей дисплей вирізняється своєю роздільною здатністю 480 x 480 пікселів, що дозволяє відтворювати чіткі та деталізовані зображення.



Рис. 3.6 Дисплей LCD-PD050OX1

Технічні характеристики:

1. Роздільна здатність: 480 x 480 пікселів.
2. Розмір дисплея: 5.0 дюйма (діагональ).
3. Тип панелі: TFT LCD (тонкоплівковий транзисторний рідкокристалічний дисплей).
4. Кольорова глибина: 16,7 мільйонів кольорів.
5. Частота оновлення: Зазвичай має частоту оновлення 60 Гц, що забезпечує плавне відображення динамічних зображень та анімацій.
6. Напруга живлення: 3.3 - 5 В.
7. Використання енергії: Дисплей є енергоефективним, що дозволяє зберігати заряд батареї в пристроях, де він використовується.
8. Сенсорний екран: Можливість бути сенсорним екраном, що дозволяє використовувати дотик для керування пристроєм та взаємодії з ним.

					ПК 91.230000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

3.5 Вибір Bluetooth-модуля

Для забезпечення бездротової передачі інформації на комп'ютер або телефон було прийнято рішення про встановлення Bluetooth-модуля.



Рис. 3.6 Датчик Bluetooth модуля HC-05

Технічні характеристики:

1. Версія Bluetooth: Bluetooth v2.0+EDR (Enhanced Data Rate).
2. Підтримка профілів: Serial Port Profile (SPP).
3. Інтерфейс комунікації: UART/Serial (за допомогою TX і RX пінів).
4. Напруга живлення: 3.6V - 6V.
5. Споживання енергії: В режимі передачі - близько 40 mA, в режимі сплячки - близько 2.5 mA.
6. Швидкість передачі даних: Максимальна швидкість 2.1 Mbps.
7. Дальність зв'язку: Залежить від умов навколишнього середовища, в середньому до 10 метрів.

					ПК 91.230000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

3.7. Вибір плати зарядки та акумулятора

Плата зарядки TP4056 є невеликим, економічним та легким в використанні пристроєм, розробленим для зарядки літій-іонних (Li-Ion) акумуляторів. Вона забезпечує надійну та безпечну зарядку акумулятора з високою ефективністю. TP4056 має компактний розмір та простий інтерфейс підключення.



Рис. 3.7 Плата зарядки TP4056

Технічні характеристики:

1. Вхідна напруга: 4.5V - 5.5V.
2. Вихідна напруга зарядки: 4.2V \pm 1%.
3. Максимальний струм зарядки: 1A.
4. Вбудований протекційний контролер зарядки і розряду.
5. Захист від перевантаження, короткого замикання та зворотної полярності.
6. Автоматичне переключення в режим термінальної зарядки при досягненні напруги 4.2V.
7. LED-індикатори для візуального відображення стану заряду.

					ПК 91.230000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Для цієї плати зарядки можна взяти акумулятор з напругою 3.7. А саме літій-іонний акумулятор 18650 він має розмір, схожий на стандартний циліндричний батарейку.



Рис. 3.8 Li-Ion 18650

					ПК 91.230000.000ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки до розділу 3

У загальному, наведені компоненти є популярними та часто використовуваними електронними пристроями, які дозволяють реалізувати різноманітні проекти з електронікою. Кожен з цих компонентів виконує свою основну функцію і має свої унікальні технічні характеристики, але разом вони утворюють комплексне рішення для створення розумних пристроїв та систем.

АЦП та мікропроцесор виконують перетворення та обробку даних, після чого інформація виводиться на дисплей. Додатково, є можливість бездротової передачі інформації за допомогою Bluetooth-модуля.

З огляду на мобільність розроблювального пристрою, було прийнято рішення використовувати акумулятор з платою зарядки, що була вибрана в даному розділі.

Були розглянуті основні характеристики кожного електронного елемента, їх особливості, та показано їх зовнішній вигляд.

					ПК 91.230000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

ВИСНОВКИ

В процесі виконання бакалаврського дипломного проєкту було розглянуто актуальне питання розробки сучасного та ефективного пристрою для стану очей та діагностики різних захворювань ока. А саме, в першому розділі досліджено особливості експлуатації офтальмоскопа, методи та засоби діагностики патологічних станів ока людини. Проаналізовано характеристики та головні особливості приладів, що перевіряють здоров'я очей та виявлення можливих проблем. Було розглянуто принцип роботи цих пристроїв та їх головні особливості.

У другому розділі було проведено проектування мобільного офтальмоскопа, а саме розроблено функціональну та оновлено оптичну схему приладу, описано всі складові, що входять до структури пристрою. Також було проведено синтез та моделювання оптичної системи каналу підсвітки з сіткою та об'єктива фотографічного каналу приладу. В ході роботи було побудовано модель оптичної системи офтальмоскопа.

У третьому розділі був проведений підбір компонентів для розробки мобільного офтальмоскопа. Були досліджені технічні характеристики кожного з електронних пристроїв, розглянуто їх зовнішній вигляд та особливості. При аналізі переваг цих компонентів було підтверджено їх ефективність. Обрані комплектуючі мають доступну ціну, компактні розміри та невеликі габарити, що є важливими для створення портативного пристрою.

На основі отриманих результатів, в цьому проєкті було розроблено сучасний, ефективний та компактний мобільний офтальмоскоп. Конструкція офтальмоскопа виявилась відносно простою, що додатково забезпечує зручність використання.

					ПК 91.230000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Анатомія ока. Методи дослідження в офтальмології: навч. посібник для студентів мед. фак.-тів / Н. Г. Завгородня, Л. Е. Саржевська, О. М. Івахненко [та ін]. – Запоріжжя, 2017. – 76 с.
2. Які бувають захворювання очей [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://companion.ua/yaki-buvayut-zakhvoryuvannyaochej/>.
3. Око людини та офтальмологічні прилади [Текст]: навч. посіб. / В. М. Сокурєнко, Г. С. Тимчик, І. Г. Чиж. – К.: НТУУ «КПІ», 2009. – 264 с. – Бібліогр.: с. 257–260. – 300 пр.
4. Глущенко, М. О. Моделювання людського ока за допомогою сучасних САД систем / М. О. Глущенко, О. В. Муравйов // XIV Науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування», 18-19 травня 2021 р., м. Київ, Україна : збірник праць конференції. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – С. 274–277.
5. «Око людини та офтальмологічні прилади» – Режим доступу до ресурсу: <http://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/25488/1/ofthalm.pdf>.
6. Кучеренко О.К. Вплив температури на абераційні властивості ІЧ-об'єктивів / О.К. Кучеренко, О.В. Муравйов, Д.О. Остапенко. // Наукові вісті НТУУ "КПІ". – 2013. – № 1. – С. 99-105.
7. Муравйов О. В. Автоматизація методу термографічної діагностики патологій організму людини / О. В. Муравйов, В. Ф. Петрик, Ю. Ю. Лисенко, Г. А. Богдан, А. В. Наконечная // Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки. – 2022. – №1.
8. Муравьёв А. В. Пассивная атермализация оптической системы медицинского термографа / А. В. Муравьёв // TRENDS OF MODERN SCIENCE. – vol. 15. – 2018. – pp. 88-91.
9. ОфтальмологіяBayer [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.bayer.ua/products/healthcare/pharmaceuticals/oftalmology/>.

									Арк.
									70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПК 91.230000.000ПЗ				

10. Тягун В. М. Пассивная оптическая атермализация инфракрасного трехлинзового ахромата / В.М. Тягун, О.К. Кучеренко, А.В. Муравьев. // Оптический журнал. – 2014. – том 81. – № 4. – С. 42-47.

11. Yanoff M. Ophthalmology / Myron Yanoff, Jay S. Duker // Elsevier Health Sciences. – 2009. – 1528 p.

12. Кучеренко О.К. Методы пассивной атермализации и ахроматизации двухкомпонентных оптических систем / О.К. Кучеренко, А.В. Муравьев // Вісник НТУУ «КПІ», серія Приладобудування. – 2012. – вип. № 43. – С. 46–53.

13.. Kanski J. J. Kanski's Clinical Ophthalmology: A Systematic Approach / Jack J. Kanski, Brad Bowling // Saunders Ltd. – 2015. – 928 p.

14. Petryk V.F. Smartphone-Based Automated Non-Destructive Testing Devices / V.F. Petryk, A.G. Protasov, R.M. Galagan, A.V. Muraviov, I.I. Lysenko // Приборы и методы измерений, 2020. – Т. 11, № 4. – С. 272-278.

15. Автоматизація проектування елементів оптичних приладів. Практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад. О. В. Муравйов. – Електронні текстові дані (1 файл: 3.53 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 68 с.

16. Морозов М. А. Современная лазерная дальнометрия / М. А. Морозов, А. В. Муравьев // Новые направления развития приборостроения: материалы 9-й международной научнотехнической конференции молодых ученых и студентов, 20-22 апреля. – Минск, Беларусь, 2016. – С. 38.

17. Friedman N. J. Review of Ophthalmology / Neil J. Friedman, Peter K. Kaiser, William B. Trattler // Elsevier Inc. – 2023. – 455 p.

18. Муравйов О.В. Компенсація терморозфокусування оптичної системи тепловізора та перспективи його використання в медичній діагностиці / О.В. Муравйов, О.О. Назарчук // Вісник інженерної академії України. – 2017. – вип. №1. – С. 124-131.

19. Khurana A. K. Comprehensive Ophthalmology / A. K. Khurana // Jaypee Brothers Medical Publishers Ltd. – 2019. – 662 p.

						Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПК 91.230000.000ПЗ	

20. Назарчук О. О. Компенсація терморозфокусування оптичної системи термографа / О. О. Назарчук, О. В. Муравйов. // Біомедична інженерія. – 2017. – №5. – С. 66–67.

21. Муравьев А. В. Основные тенденции, проблемы и перспективы развития дисплейной наноэлектроники / А. В. Муравьев // Неруйнівний контроль в контексті асоційованого членства України в Європейському союзі: матеріали 2-гої науково-технічної конференції з міжнародною участю. – Польща, Люблін, 2018. – С. 10-11.

22. Denniston A. Oxford Handbook of Ophthalmology /Alastair Denniston, Philip Murray // C&C Offset Printing Co., Ltd. – 2014. – 1073 p.

23. Баженов В.Г. Електроніка. Лабораторний практикум: навчальний посібник / В. Г. Баженов, Є. Ф. Суслов, Ю. Ю. Лисенко, А.С. Момот; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 70 с.

24. Куц Ю.В. Спеціальні розділи математики. Курс лекцій: навчальний посібник / Ю. В. Куц, Ю. Ю. Лисенко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 180 с.

25. Статистичні методи визначення залежностей між випадковими величинами: навчальний посібник / Ю. В. Куц, Ю. Ю. Лисенко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 115 с.

26. Мікропроцесорна техніка: лабораторний практикум. Частина 1. [Електронний ресурс] / А. С. Момот; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 113 с.

27. Мікропроцесорна техніка: лабораторний практикум. Частина 2. [Електронний ресурс] / А. С. Момот; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 76 с.

					ПК 91.230000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

ДОДАТКИ

Технічне завдання

1. Найменування приладу.

„Мобільний офтальмоскоп”.

2. Мета виконання дипломного проекту та призначення приладу.

Розробка мобільного офтальмоскопа, що може використовуватись при медичній діагностиці очного дна.

3. Передумови для розробки приладу.

Розробка даного приладу виконується згідно тематики дипломного проектування, затвердженої кафедрою автоматизації та систем неруйнівного контролю приладобудівного факультету Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

4. Вимоги до технічних характеристик.

Основні параметри:

- спектральний діапазон роботи оптичної системи приладу $\Delta\lambda = 400 - 700$ нм;
- кут поля зору об'єктива фотографічного каналу $2\omega = 10^\circ$;
- коефіцієнт пропускання випромінювання оптичною системою приладу τ не менше 20%.

5. Робочі умови експлуатації приладу.

Номінальне значення кліматичних факторів відповідно до ДСТУ 12.005-88:

- температура навколишнього середовища $-10...50^\circ\text{C}$;
- відносна вологість 65% при температурі навколишнього середовища $20\pm 5^\circ\text{C}$;
- атмосферний тиск 750 ± 30 мм.рт.ст.

6. Вимоги до конструкції приладу.

Прилад повинен зберігати працездатність та свої параметри відповідно до ДСТУ 17516-72.

- 6.1. Конструкція приладу повинна забезпечувати зручний доступ до всіх елементів, вузлів та блоків, які потребують замін в процесі експлуатації.
- 6.2. Прилад повинен мати мінімальну необхідну кількість органів управління, регулювання та керування:
- 6.2.1. органи багаторазового або частого використання повинні знаходитись на передній панелі керування приладом;
- 6.2.2. органи, які використовуються для одноразового налагодження приладу або зміна положення яких є небажаною, мають бути розташовані всередині загального корпусу приладу або на задній малодоступній панелі.
- 6.3. Використані покупні вироби та матеріали, під час випробування приладу повинні мати невикористаний ресурс, термін служби та термін схоронності яких не менше ресурсу й терміну служби приладу.

7. Техніко-економічні вимоги.

- 7.1. Передбачається виготовлення одного дослідного зразка приладу.
- 7.2. Орієнтовна ціна дослідного зразка приладу повинна бути розрахована до початку проведення робіт.

8. Вимоги до упаковки.

- 8.1. Транспортна упаковка повинна забезпечувати збереження приладу при транспортуванні та збереженні.
- 8.2. Коробку з приладом розміщують в транспортному ящику: простір між стінками ящика і коробки заповнюють пакувальним амортизаційним матеріалом.

9. Стандартизація та уніфікація.

До приладу повинна бути прикладена експлуатаційна документація відповідно ДСТУ 25565-94.

10. Вимоги до техніки безпеки.

- 10.1. Вимоги до безпеки конструкції, електробезпеки керування та обслуговування приладу повинні відповідати ДСТ 122007-75 та ДСТУ

123019-80.

10.2. Середній час без відмовлень роботи приладу повинен бути не менше 500 год.

11. Строк зберігання, служби та технічний ресурс.

11.1. Прилад повинен витримувати зберігання протягом 3 років.

11.2. Строк служби 5 років.

11.3. Технічний ресурс 1000 год.