

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

Приладобудівний факультет

Кафедра виробництва приладів

«На правах рукопису»
УДК 535.2

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

«__» грудня 2019 р.

Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра
зі спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
на тему: «Біомедичний спектрофотометр»

Виконав:
студент II курсу, групи ПБ-82мп
Марушевський Богдан Олегович

Керівник:
к.т.н., доцент, Безугла Н. В.

Консультант з розроблення стартап-проекту:
д.е.н., доцент, Бояринова К. О.

Рецензент:

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

Київ – 2019 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Приладобудівний факультет
Кафедра виробництва приладів**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність : 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня програма (спеціалізація): Комп'ютерно-інтегровані технології
виробництва приладів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

(підпис)

(ініціали, прізвище)

« ____ » _____ 2019р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Марушевського Богдана Олеговича**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1.Тема дисертації: Біомедичний спектрофотометр

науковий керівник Безугла Наталя Василівна, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «08» листопада 2019 р. № 3867-с

2.Термін подання студентом дисертації 09 грудня 2019 р.

3. Об'єкт дослідження – комп'ютерно-інтегровані технології 3-D друку.

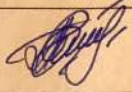
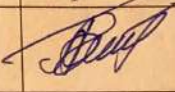
4. Предмет дослідження – інтегруюча сфера з АБС-пластику.

5.Перелік завдань, які потрібно розробити 1. Розглянути основні методи дослідження та аналізу характеру випромінювання біологічними середовищами методами інтегруючої сфери. 2. Проаналізувати методи виготовлення інтегруючої сфери та обрати базовий. 3. Обґрунтувати основні вимоги до виготовлення інтегруючої сфери, на основі яких обрати необхідні технології та матеріали. 4. Розробити методіку процесу виготовлення інтегруючої сфери, на основі якої отримати експериментальний зразок. 5. Розробити експериментальну установку. 6. Провести експериментальні дослідження.

6.Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу: креслення сфери, презентація роботи

7.Орієнтовний перелік публікацій: доповідь на конференції

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Стартап-проект	Бояринова К.О., д.е.н., доцент		

9. Дата видачі завдання 03 вересня 2019 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Огляд літературних джерел	03.09.2019-09.09.2019	Виконано
2	Постановка задачі дослідження	10.09.2019-12.09.2019	Виконано
3	Розробка моделі системи	13.09.2019-27.09.2019	Виконано
4	Розробка експериментальної установки	28.09.2019-11.10.2019	Виконано
5	Проведення експериментів	12.10.2019-25.10.2019	Виконано
6	Обробка результатів	26.10.2019-08.11.2019	Виконано
7	Підготовка ПЗ	09.11.2019-01.12.2019	Виконано
8	Піготовка Презентація	02.12.2019	Виконано

Студент

(підпис)

Б. О. Марушевський

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

Н.В. Безугла

(ініціали, прізвище)

ЗМІСТ

Анотація	6
Вступ	8
Перелік умовних скорочень	10
Розділ 1. Огляд та аналіз літературних джерел	11
1.1 Поширення випромінювання в біологічному середовищі	11
1.2 Залежність характеру розсіяння випромінювання біологічними середовищами від структурних елементів	14
1.3 Методи визначення оптичних параметрів на основі інтегруючої сфери	18
1.4 Основні принципи виготовлення сфери	20
1.5 Постановка задачі	21
Висновки до розділу 1	25
Розділ 2. Виготовлення спектрофотометру на основі інтегруючої сфери	26
2.1. Розробка структурної схеми	26
2.2. Вибір і обґрунтування методики виготовлення інтегруючої сфери	27
2.2.1. Основні вимоги до виготовлення інтегруючої сфери	27
2.2.2. Вибір та обґрунтування програмного забезпечення, пристроїв, методів та матеріалів	28
2.2.3. Процес виготовлення інтегруючої сфери	31
2.3 Розробка приймального каналу	38
2.4. Складання експериментальної установки	40
Висновки до розділу 2.	41
Розділ 3. Проведення та обробка експериментів	42
3.1 Методи проведення експерименту	42
3.2 Підготовка зразків	44

3.3. Обробка та аналіз отриманих результатів	46
Висновки до розділу 3	52
РОЗДІЛ 4 СТАРТАП ПРОЕКТ	54
4.1 Опис ідеї проекту	54
4.2 Технологічний аудит ідеї проекту	55
4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	57
4.4. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	70
Висновки до розділу 4	74
Висновки по роботі	76
Список використаних джерел	77
Додаток 1 – Акт впровадження в навчальний процес	79
Додаток 2 – Публікації за темою дисертації	80
Додаток 3 – Презентація роботи	81

АНОТАЦІЯ

У даній магістерській дисертації проведено дослідження технологічних засад виготовлення інтегруючої сфери біомедичного фотометру та обрано за основу 3Д друк з АБС пластику.

Дисертаційна робота складається з 4 розділів та викладення на 90 сторінках. Також містить 41 таблицю, 42 рисунки та 3 додатки.

В першому розділі на основі аналізу літературних джерел обґрунтовано доцільність виготовлення інтегруючої сфери, що може бути використана при проектуванні біомедичного спектрофотометру. Проведено порівняння методів виготовлення сфер та обрано за основу 3Д-друк.

В другому розділі описано передумови створення інтегруючої сфери, а також етапи виготовлення. Описано процес виготовлення та наведено кінцевий результат у вигляді макету інтегруючої сфери. Розроблено приймальний канал, а також експериментальну установку спектрофотометру.

В третьому розділі проведено експериментальні дослідження на біологічних зразках за допомогою розробленої установки.

В четвертому розділі запропоновано впровадження розробленого спектрофотометру.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: спектрофотометр, інтегруюча сфера, біологічне середовище

ANNOTATION

In this master's thesis the technological foundations of manufacturing integrating sphere of biomedical photometer were carried out and 3D printing from ABS plastic was chosen as the basis.

The dissertation consists of 4 sections and 90 pages of presentation. Also contains 41 tables, 42 figures and 3 appendices.

In the first section, the feasibility of manufacturing an integrating sphere that can be used in the design of a biomedical spectrophotometer is substantiated on the basis of the analysis of the literature. Comparison of methods of sphere production is made and 3D printing is chosen as the basis.

The second section describes the prerequisites for creating an integrating sphere as well as the manufacturing steps. The manufacturing process is described and the final result is presented in the form of an integrating sphere layout. The receiving channel and the experimental setup of the spectrophotometer were developed.

In the third section, experimental studies on biological samples were carried out using a developed installation.

In the fourth section the introduction of the developed spectrophotometer is proposed.

KEYWORDS: spectrophotometer, integrating sphere, biological environment

ВСТУП

Актуальність досліджень. Медико-біологічні критерії, вироблені на підставі численних експериментів, та адекватна математична модель поширення оптичного випромінювання в біологічних середовищах (БС) є діагностичним базисом для оцінки фізіологічного та функціонального стану тканини або органу, до складу якого входить дане БС [1]. Очевидно, що видозмінений внутрішній склад досліджуваного БС при наявності патологічних процесів у тому або іншому органі або тканині організму спричиняє зміну оптичної здатності БС до поглинання, відбиття, розсіяння та перевипромінювання. І саме чисельні характеристики, що описують кожен з цих процесів, можуть стати порівняльним біометричним базисом, котрий свідчить про стан тканини або органу, зразок якого було досліджено. Одним з методів визначення цих параметрів на основі розсіяного БС випромінювання є метод інтегруючої сфери.

Метою даної роботи є розробка технологічних засад виготовлення інтегруючої сфери біомедичного спектрофотометру за технологією 3Д друку з АБС-пластику.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні **задачі**:

1. Розглянути основні методи дослідження та аналізу характеру випромінювання біологічними середовищами методами інтегруючої сфери.
2. Проаналізувати методи виготовлення інтегруючої сфери та обрати базовий.
3. Обґрунтувати основні вимоги до виготовлення інтегруючої сфери, на основі яких обрати необхідні технології та матеріали.
4. Розробити методiku процесу виготовлення інтегруючої сфери, на основі якої отримати експериментальний зразок.
5. Розробити експериментальну установку.
6. Провести експериментальні дослідження.

Об'єкт дослідження – комп'ютерно-інтегровані технології 3-D друку.

Предмет дослідження – інтегруюча сфера з АБС-пластику.

Методи та засоби – графічні програми, пристрій для 3-D друку, матеріали для ґрунтовки та фарбування, елементи схемотехніки.

Наукова новизна - розроблена технологія виготовлення інтегруючої сфери з АБС пластику за технологією 3Д друку, що дозволила зменшити собівартість біомедичного спектрофотометру.

Практична цінність: Розроблено макет установки спектрофотометру та методику визначення оптичних властивостей випромінювання на пропускання.

Основні теоретичні та практичні результати магістерської дисертації використовуються в навчальному процесі кафедри виробництва приладів КПП ім. Ігоря Сікорського при проведенні лекцій та лабораторних занять з дисципліни «Біофотоніка» (Додаток 1).

Апробація результатів: основні положення роботи були висвітлені на наступних наукових конференціях:

1. XV Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «ЕФЕКТИВНІСТЬ ІНЖЕНЕРНИХ РІШЕНЬ У ПРИЛАДОБУДУВАННІ», 2019.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

БС – біологічне середовище

ТПВ – теорія переносу випромінювання

РПВ – рівняння переносу випромінювання метод

ПЗ – програмне забезпечення

ПВ – приймач випромінювання

ФП – фотоприймач

λ – довжина хвилі світла

μ_a – коефіцієнт поглинання

μ_s – коефіцієнт розсіювання

g – фактор анізотропії розсіювання

n – показник заломлення

R – коефіцієнт дифузного відбиття

T – коефіцієнт повного пропускання

Розділ 1. Огляд та аналіз літературних джерел

У першому розділі розглянуто оптичні параметри, що характеризують процеси взаємодії оптичного випромінювання з біологічним середовищем, зокрема балістичний компонент та дифузна пропускна здатність.

1.1 Поширення випромінювання в біологічному середовищі

Біологічні тканини є оптично неоднорідними середовищами із середнім показником заломлення більшим, ніж у повітря, тому на межі біологічний об'єкт - повітря частина випромінювання, а інша частина проникає в біологічні тканини. Об'ємне розсіювання є причиною поширення значної частки випромінювання в зворотному напрямку. Добре відомо, що основним джерелом розсіювання світла в біологічних тканинах є відмінність в значеннях показників заломлення різних компонентів біологічних тканин, тобто мітохондрій, ядра, цитоплазми клітин та інших органел; або внутрішньоклітинною рідиною і структурними елементами сполучної тканини (колагенові і еластинові волокна) [1].

З оптичної точки зору, біологічні тканини (включаючи і біорідини: кров, лімфу та ін.) можна розділити на два великі класи:

1 - сильно розсіюючи (оптично мутні), такі як шкіра, м'язи, хрящ, мозок, стінка судини, кров, склера, оптичні властивості яких можуть бути досить добре описані в моделі багаторазового розсіювання скалярних хвиль в випадково-неоднорідному середовищі з поглинанням;

2 – слабо розсіюючи (прозорі), такі як тканини переднього відрізка ока (рогівка, кришталик).

Ослаблення колімованого (лазерного) проміння світла в біологічній тканині відбувається за експоненціальним законом. інтенсивність початкового колімованого світла може бути визначена на основі закону Бугера-Беера (1.1):

$$I(l) = I_0 e^{-k\lambda l} \quad (1.1.)$$

де $I(l)$ – інтенсивність світла, пройденого шар матерії товщиною l , n – відносний показник заломлення, I_0 – інтенсивність падаючого світла; $\mu_t = \mu_a + \mu_s$ – коефіцієнт екстинкції (коефіцієнт ослаблення), μ_a – коефіцієнт поглинання, μ_s – коефіцієнт розсіювання; z – товщина зразка.

Інтенсивність колімованого світла, що проникає через шар розсіюючої тканини із середньою щільністю розсіювачів ρ і товщиною l , визначається співвідношенням (1.2).

$$I(z) = I_0 e^{-\rho\sigma_t l} \quad (1.2)$$

де I_0 – перетин розсіяння

$$\sigma_s = 1 \frac{1}{\rho I_0} \cdot \int_{4\pi} I(\theta) d\Omega. \quad (1.3)$$

Однак скалярного наближення є недостатнім, оскільки не враховує векторну природу падаючих і розсіяних хвиль, особливо це суттєво для прозорих тканин. У розсіюючому середовищі векторний характер хвиль проявляється як виникнення поляризації у спочатку неполяризованого пучка світла або як деполаризація при поширенні в середовищі спочатку поляризованого пучка. При цьому інформативними параметрами, котрі характеризують структуру біологічної тканини є як ступінь деполаризації спочатку поляризованого світла, характер перетворення поляризації з одного виду в інший, так і поява поляризованого компонента в розсіяному світлі при опроміненні об'єкта неполяризованим випромінюванням. Стан поляризації багаторазово розсіяного світла аналізується або в умовах просторової дифузії фотонів, коли кутовий спектр випромінювання практично ізотропний, або при мало-кутовому розсіянні в середовищах з великомасштабними неоднорідностями. Відзначимо, що аналіз стану поляризації

при мало-кутовому багаторазовому розсіянні важливий для багатьох завдань оптичної діагностики біологічних середовищ .

Як показано на рис. 1.1, основні ефекти взаємодії тонких тканин включають відбивання на поверхні матеріалу, заломлення, коли світло потрапляє до структури тканин, яка має інший показник заломлення, поглинання енергії фотонів матеріалом і багаторазове розсіяння фотонів у матеріалі.

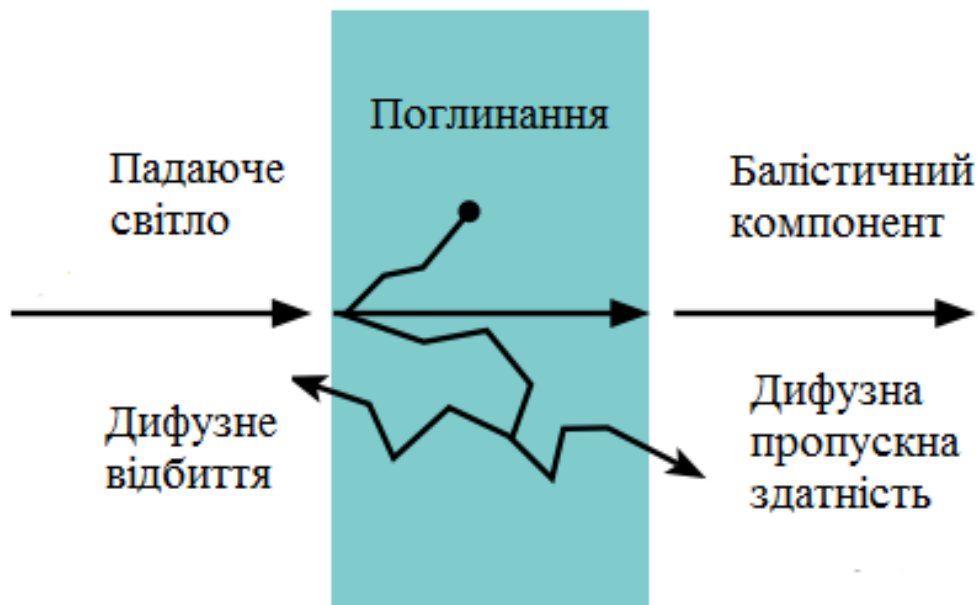


Рис. 1.1 - Базові ефекти взаємодії світла з біологічною тканиною [2]

У зв'язку з тим, що різноманітні компоненти біологічної тканини мають різні оптичні властивості, уздовж певного шляху через тканини дають різні фізичні параметри (наприклад, показники заломлення, коефіцієнти поглинання та коефіцієнти розсіяння), можуть змінюватися постійно або піддаватися різким змінам на межах різних тканин, наприклад, на розмежуванні між м'якою біологічною тканиною та органами або кістковою тканиною [2].

1.2. Залежність характеру розсіяння випромінювання біологічними середовищами від структурних елементів

Загалом, абсорбція в біологічних тканинах обумовлена в основному молекулами води та макромолекулами, такими як білки та хромофор. За визначенням, хромофор є частиною органічної молекули, яка поглинає певні довжини хвиль і передає або відображає інші довжини хвиль. Процес відбиття та передачі спричиняється молекулою або сполукою певного кольору. Як видно з рисунку 1.2 вода є головною поглинаючою речовиною в інфрачервоній області. Оскільки вода є основною складовою більшості тканин, її характеристика поглинання має важливе значення для взаємодії світла і тканин.

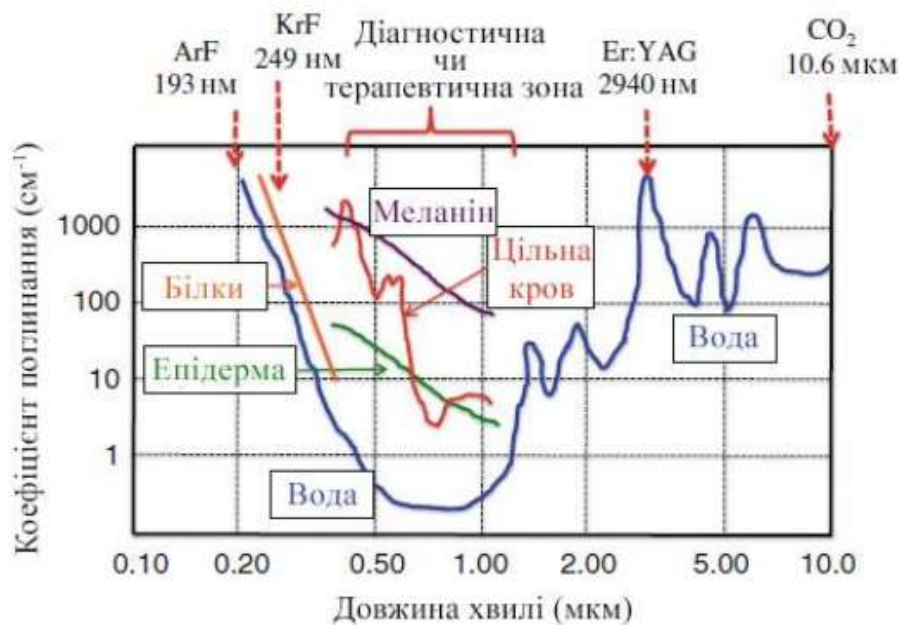


Рис 1.2 Коефіцієнти поглинання біологічних тканин для деяких довжин хвиль лазера [6]

В ультрафіолетових та видимих областях важливими поглинаючими речовинами є ароматичні амінокислоти (такі як триптофан, тирозин і фенілаланін), білки, меланіни, ДНК і порфірини (які включають гемоглобін, міоглобін, вітамін

В12 і цитохром). Ароматичні амінокислоти мають великі піки абсорбції в спектрі 200-230 нм і мають місцеві піки в діапазоні 250-280 нм. Коефіцієнти поглинання трьох з цих амінокислот при їх довжинах хвиль поглинання у місцевому піку наведені в таблиці 1.1. Білки зазвичай мають пікове значення поглинання приблизно 280 нм, що залежить від концентрації амінокислот, таких як триптофан [3].

Дві важливих поглинаючих речовини в тканині - це хромофорний меланін і білковий гемоглобін. Меланін - це основний хромофор, що дає людській шкірі, волоссю та очам їх колір.

Таблиця 2.1 - Коефіцієнти поглинання трьох амінокислот при їх локальних довжинах хвиль поглинання [6]

Амінокислота	Пікова довжина хвилі поглинання (нм)	Коефіцієнт поглинання (см⁻¹)
Триптофан	280	5400
Тирозин	274	1400
Фенілаланін	257	200

Як показано на рисунку 1.2, коефіцієнт поглинання меланіну монотонно зростає, коли довжина хвилі змінюється від видимого до УФ-спектра. Меланін є ефективним поглиначем світла і здатний розсіяти 99,9% поглиненого УФ випромінювання. Через цю властивість меланіну він може допомогти захистити клітини шкіри від пошкодження радіацією УФ-В.

Розсіяння світла відбувається, коли фотони стикаються з компактним об'єктом, що має показник заломлення, який відрізняється від навколишнього матеріалу. Процес розсіяння перенаправляє фотони, щоб слідувати переадресованим шляхам. Якщо помістити біологічну тканину в кювету фотометричного приладу, то світловий потік, проходячи через кювету, буде поглинатися, частково проходити через кювету, не змінюючи напрямку (трансмісія), частково розсіюватися, змінюючи свій напрямок, відхиляючись під

різними кутами (розсіювання) [5]. Оскільки більшість тканин людини є гетерогенними матеріалами, які мають просторові варіації їх оптичних властивостей, вони вважаються непрозорими матеріалами, і відомі як мутні середовища. Наслідком такої просторової щільності та оптичних варіацій є те, що тканини сильно розсіюють світло. Якщо зменшення оптичної потужності внаслідок поглинання невелике в порівнянні з втратами розсіювання, то велика частка фотонів у світловому промені, що надходить у тканину, розсіяна кілька разів.

Процес, який призводить до дифузного розподілу світлових променів, використовується для методів обробки зображень. Розсіювання світла в тканині залежить від довжини хвилі світла, а також від розмірів, структур та показників заломлення тканинних компонентів, які відповідають за розсіювання, наприклад, клітинні мембрани, колагенові волокна та органели. Ці процеси розсіювання широко використовуються як в діагностичних, так і терапевтичних цілях для біомедичної фотоніки. У діагностичних цілях, таких як візуалізація, індуковані захворюваннями зміни в тканинах можуть впливати на властивості розсіювання, що дає діагностичні показники для розрізнення здорової і хворої тканини. У терапевтичних цілях, що використовують принципи взаємодії лазерних тканин, дані про розсіювання фотонів корисні для таких функцій, як визначення легких рівнів дозування та оцінки прогресу під час сеансу легкої терапії.

Елементи розсіювання світла містяться в чотирьох основних типах тканин, які є тканинами епітелію (шар клітин, який охоплює поверхню тіла або лінії порожнини всередині тіла), сполучними тканинами, нервовими тканинами та м'язовими тканинами. Органи в тілі складаються з пошарового поєднання цих основних тканин. Як приклад, в межах стравоходу перший шар стінки стравоходу містить епітеліальні клітини, як показано на рисунку 1.3. Покриттям цього шару епітелію є сполучна тканина і кілька шарів гладком'язових клітин. Залози, нервові волокна і кровоносні судини проходять через сполучну та м'язову тканини [6].

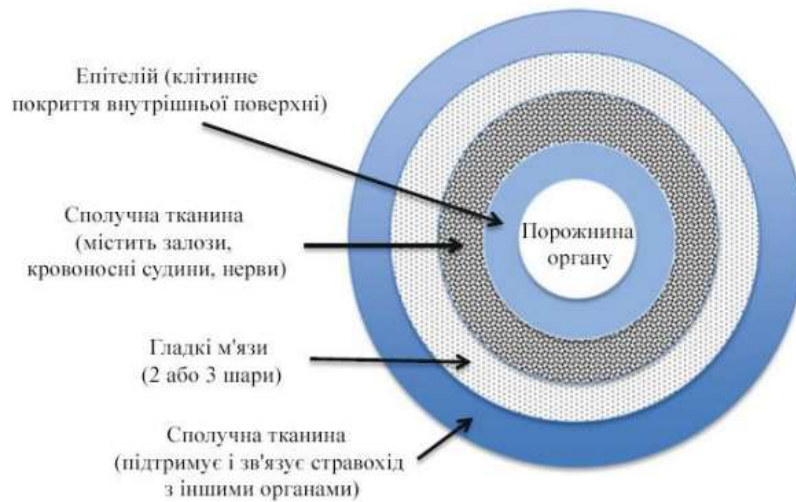


Рис. 1.3 Шарована комбінація основних тканин організму [4]

Як зазначено на рисунку 1.4, розміри елементів розсіяння в біологічних тканинах коливаються від приблизно 0,01 до 20 мкм. Це відповідає розмірам елементів біологічних тканин, починаючи від клітинних мембран до цілих клітин. Як показано на рисунку 1.4, розміри еукаріотів в цілому коливаються від 10 мкм і вище. Наприклад, червоні кров'яні клітини мають форму двошарового диска діаметром 7,8 мкм та товщиною 2,6 мкм, білими кров'яними клітинами є сфероїди діаметром від 7 до 20 мкм, а тромбоцити - сплюсненими сфероїдами, у яких приблизно 3,6 мкм діаметр і 0,9 мкм товщина.



Рис. 1.4 Розміри елементів розсіяння в біологічній тканині [4]

Фотони найсильніше розсіюються частинками, розмір яких приблизно дорівнює довжині хвилі, що використовується в діагностичних процесах (500-1600 нм), і з показником заломлення, подібним до навколишнього середовища, в якому частинки вбудовані. Таким чином, два основні сильні елементи розсіяння в клітині - клітинні ядра та мітохондрії. Середній показник заломлення біологічної тканини становить від $n=1,34$ до $n=1,62$, що вище, ніж $n=1,33$ значення води [6].

1.3. Методи визначення оптичних параметрів на основі інтегруючої сфери

Існує багато методів визначення оптичних параметрів біотканин. Ці методи можна розділити на два великі класи: прямі і непрямі. Прямі методи мають жорсткі обмеження на властивості використовуваного в експерименті зразка, для того щоб узгодити умови експерименту з припущеннями, зробленими для отримання точного рішення. Непрямі методи вимірювання. Отримання оптичних параметрів розсіюючих зразків засновано, як правило, на використанні непрямих методів. При цьому параметри розраховуються з вимірюваних величин на основі теоретичної моделі поширення світла. В результаті отримані оптичні параметри залежать не тільки від результатів вимірювання, але і від обраної моделі поширення світла в зразку [2].

Вимірювання з використанням інтегруючої сфери відносяться до непрямих методів визначення оптичних властивостей мутних середовищ. Свого часу був виконаний цілий ряд досліджень, спрямованих на розробку математичних моделей інтегруючих сфер і методів корекцій вимірюваних величин, що враховують особливості геометрії експерименту. Освітлення зразка колімованим пучком випромінювання призводить до менших похибок у визначенні дифузного віддзеркалення зразка.

Оптичні властивості біотканин (μ_a , μ_s , g) вимірюються різними методами. Використовуючи дві сфери можемо визначити три параметра в один час, що зменшує ступінь деградації зразка Рис.1.5. Вимірювання *in vitro* з використанням однієї сфери дає змогу виміряти один з параметрів.

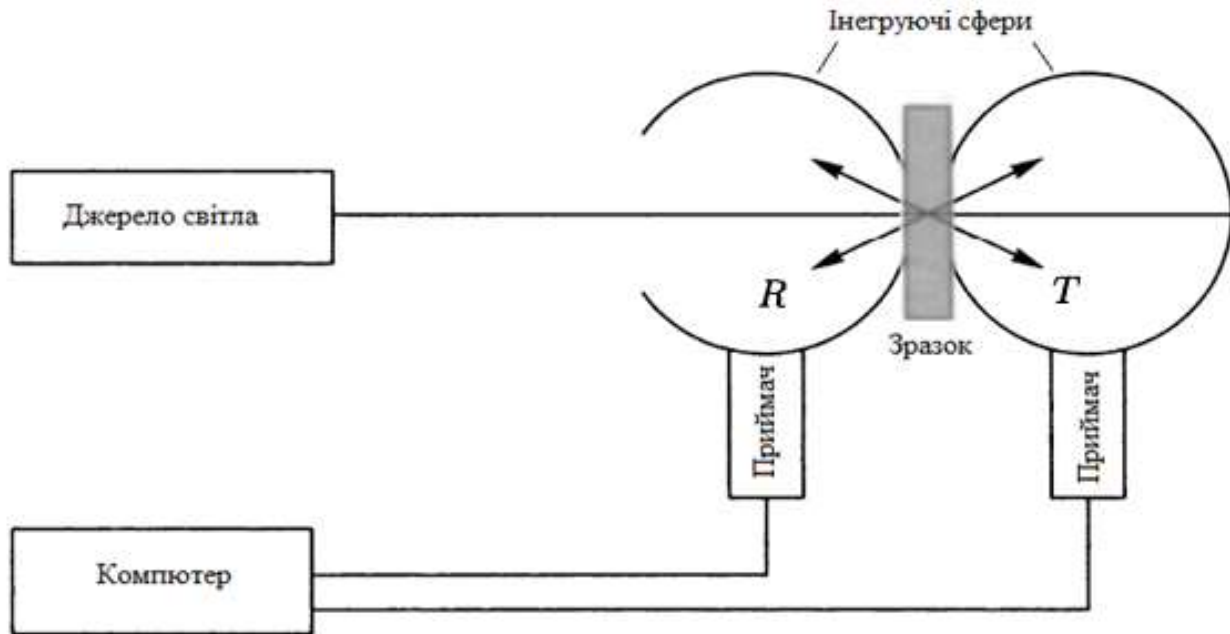


Рис.1.5 Установка з двох інтегруючих сфер [7].

На рис.1.6 зображена установка для визначення повного пропускання дослідний зразок розташований між сферою та джерелом світла схема зображена.

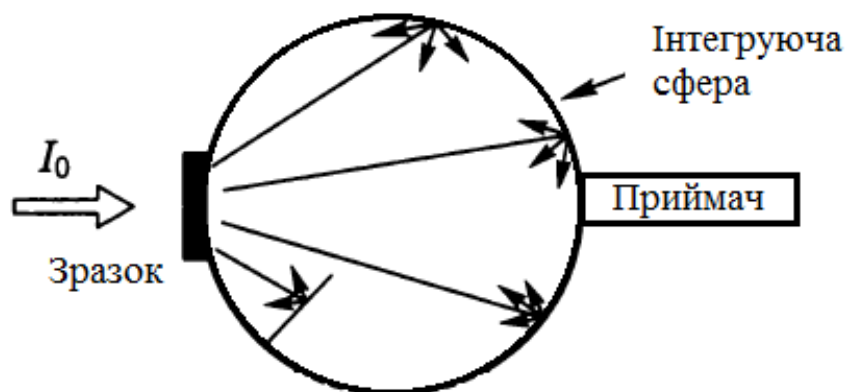


Рис.1.6 Вимірювання повного пропускання [7]

На рис 1.7 зображена установка для знаходження значень дифузного відбивання світла, розташовуємо дослідний зразок всередині на стінці сфери (джерело світла, інтегруюча сфера з приймачем, зразок).

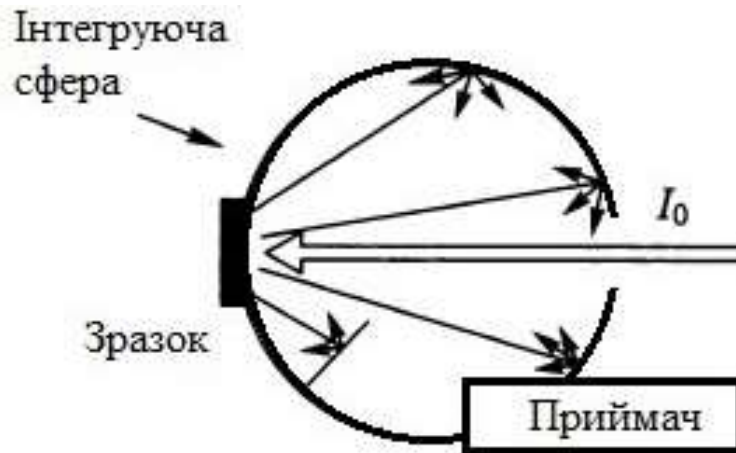


Рис.1.7 Вимір дифузного відбивання [7]

З огляду на використання спектрофотометру з наявністю інтегруючої сфери в своїй конструкції. Можемо провести дослідження зразку і дізнатись про стан тканин. Варто розглянути методи отримання необхідних деталей та одиниць для перевірки повного пропускання.

1.4 Основні принципи виготовлення сфери

Для визначення світлового потоку за допомогою методу «інтегруючої сфери» використовується прилад у вигляді пустотілої сфери, внутрішня поверхня якої покрита світловідбиваючим шаром BaSO_4 , та встановленим приймачем. Інтегруючі сфери ще називають сферами Ульбріхта на честь вченого, який теоретично обґрунтував можливість їх практичного використання для вимірювання світлового потоку з огляду на те, що освітленість внутрішньої поверхні сфери пропорційна повному світловому потоку джерела світла, яке в ній розміщено. Отже, розглянемо методи та матеріал для отримання заготовок пустотілої сфери:

Виготовлення металевих сферичних оболонок, кожну заготовку збирають з розрахунку на одну повну сферу. При згортанні заготовки в рулон одночасно здійснюють складання і зварювання пелюсток. Згортання рулону і надання заданої форми здійснюють шляхом застосування до одного з торців зусилля.

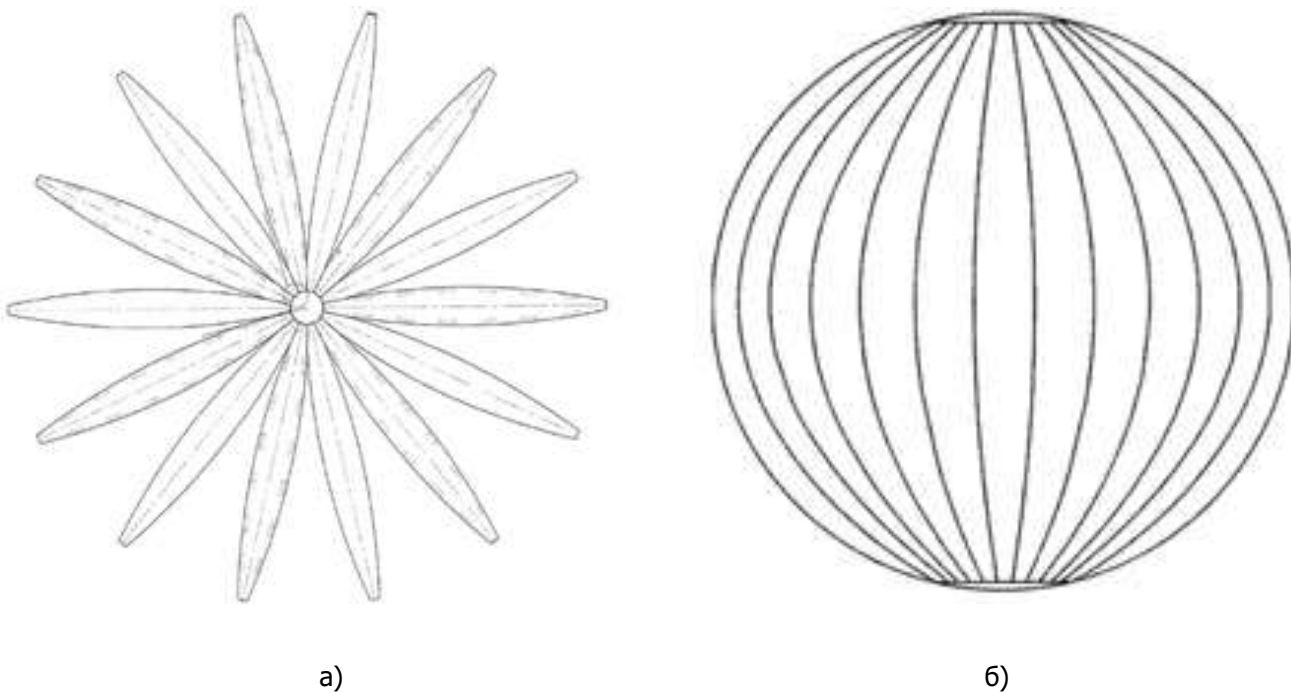


Рис.1.8. Виготовлення сфери з металевого листа [8]:

а – заготівка, б – готовий виріб

Виготовлення паперових сферичних оболонок, має два способи виготовлення сфери. Перший метод створення сфери припадає шляхом пап'є-маше, для цього потрібен шар потрібного діаметру, папір і клей ПВА. Вимочити папір клеєм і покрити шар. Після висихання клею дістаємо шар і отримуємо сферу.



Рис.1.9 Сфера пап'є-маше

Спосіб виготовлення сфери шляхом розкрою плоских заготовок в розгорнутому вигляді поверхні тіла Архімеда, напівправильний многогранник-зрізаний ікосаедр, що складається з 12 правильних п'ятикутників і 20 правильних шестикутників.

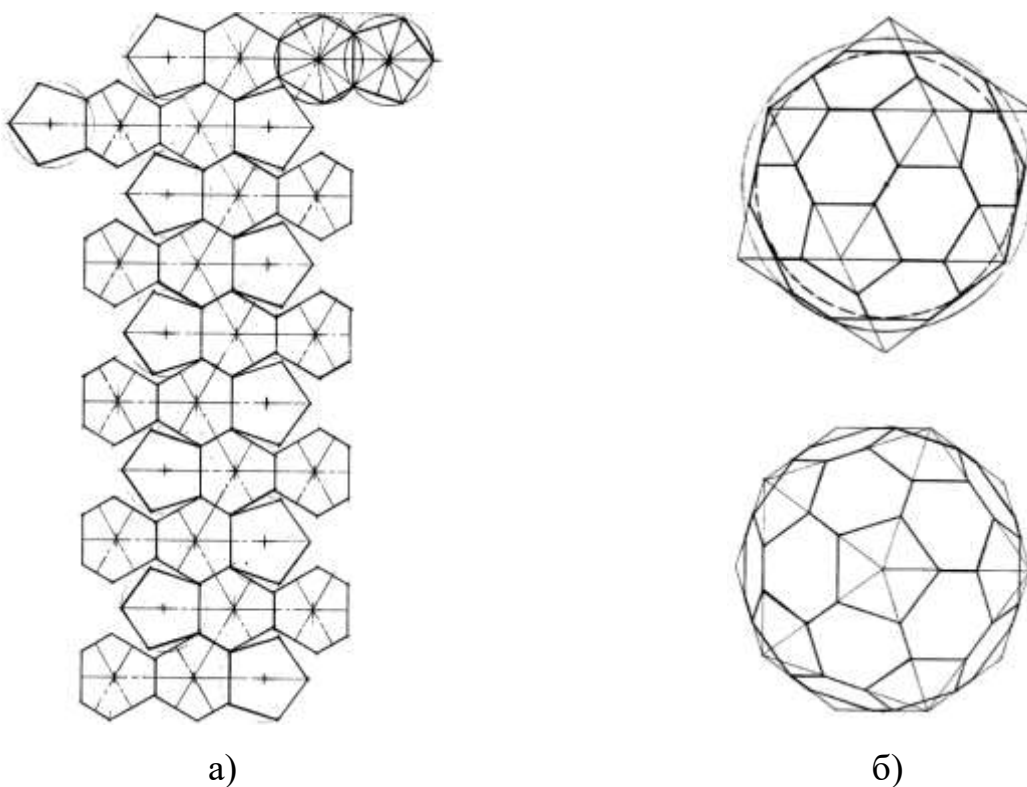


Рис.1.10 Виготовлення сфери за допомогою ікосаедра: а- заготовка, б- зібрана сфера [9]

Виготовлення пластикових сферичних оболонок можливе методами: лиття в форму та 3D друку. Передусім створення 3D-моделі майбутнього виробу. Створити 3D модель можна за кресленнями, опису або фотографії. Після того, як створена і затверджена 3D-модель, виготовляємо зразок майбутнього виробу. Прототип необхідний для того, щоб оцінити і протестувати майбутній виріб. Якщо були виявлені які-небудь неточності, необхідно повернутися на перший етап і доопрацювати 3D-модель. Сфера створена за допомогою 3D принтеру може використовуватись як виріб або модель для утворення прес-форми. Вслід за допомогою готової прес-форми виготовляється виріб методом лиття під тиском.

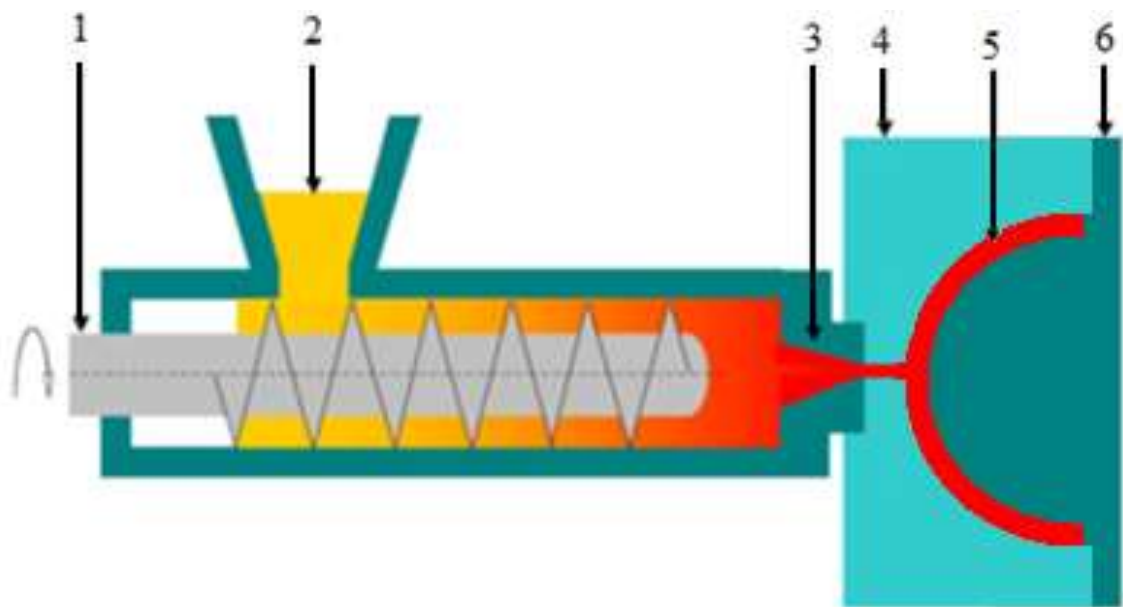


Рис.1.11 Технологічна схема процесу лиття термопластичних матеріалів:
1-шнек, 2- дозувальний пристрій гранулятор, 3-сопло, 4 і 6- половини прес-форми,
5— порожнина форми з ливниковими каналами.

Для приведення досліду необхідний діаметр внутрішньої поверхні сфери тому доцільне використання надрукованих сфер до 500 мм. Більшого діаметру сфери варто виготовляти методом лиття в форму.

1.5. Постановка задачі

З огляду на корисну дію даного продукту варто обрати оптимальний метод виготовлення інтегруючої сфери для виконання дослідів. Порівнюючи властивості і використання сфер. Схожі пристрої можемо знайти в інтернет просторі.

Компанія Нороо виготовляє інтегруючі сфери для вимірювання потоку світла що знаходиться всередині. Дані дослідження демонструють огляд джерела світла котре розташоване в сфері основні параметри оптоелектронні та освітлення галузей промисловості, включаючи світлодіодний, енергозберігаючі лампи і традиційне освітлення. Ціна однієї сфери складає 9000 грн й більше в залежності від розмірів. Характеристики приладу з використанням інтегруючої сфери компанії Нороо представлені в табл.

Таблиця 1.1. Характеристики приладу

Параметр	Значення
Походження товару	Zhejiang, China
Діаметри моделі	0,3 м 0,5 м 1,0 м 1,5 м 1,75 м 2,0 м
Використання	Інтегруюча сфера для тестування світлодіодного освітлення
матеріал покриття	BaSO ₄
Точність довжини хвилі	0.15 нм
точність	клас 1
Гарантія	24 місяців

Варто обрати метод виготовлення інтегруючої сфери. Розглянути будову та особливості для проведення дослідів встановленим в систему спектрофотометру. Розробити інтегруючу сферу вигідним методом

Висновки до розділу 1

В наведеному розділі магістерської дисертації оглянуто методи дослідження біологічних тканин за допомогою світла. Розглянуто видозміну світла промінь якого протнув біосередовище.

Окрім того, було розглянуто інтегруючі сфери, також ознайомились з методами виготовлення сфер.

Розділ 2. Виготовлення спектрофотометру на основі інтегруючої сфери

В другому розділі проведено огляд складових спектрофотометру та використання інтегруючої сфери на одному блоці.

Доцільно описана розробка виробництва інтегруючої сфери котра може використовуватись в дослідженнях з використанням світла. Розглянуто встановлення приймальних елементів та отримання числового показника.

2.1 Розробка структурної схеми

Спектрофотометр складається з наступних елементів: джерело світла, монохроматор для виділення необхідної спектральної ділянки випромінювання, систему формування профілю монохроматизованого світлового пучка, інтегруючу сферу з вбудованим фотоприймачем і систему реєстрації сигналу. Всі складові спектрофотометра розміщені в одному блоці, за винятком інтегруючої сфери - вона може бути як вбудованою, так і змінною приставкою. Схематичне зображення установки представлено на рис.2.1.

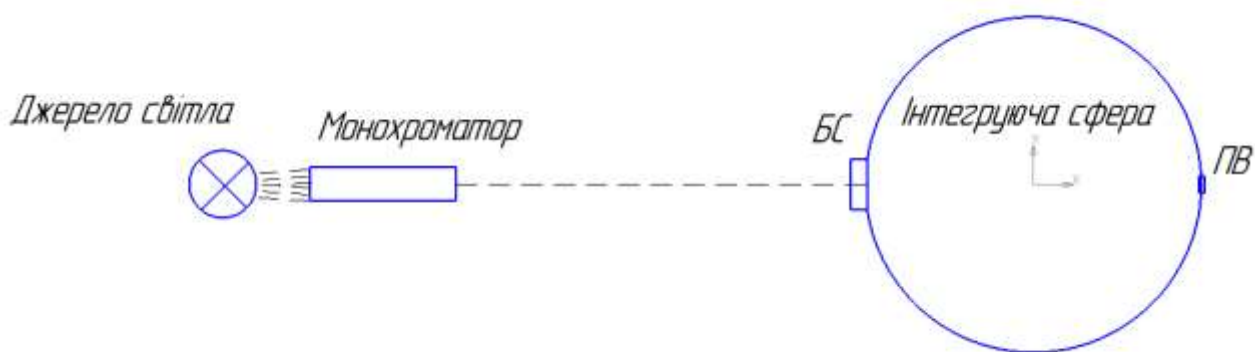


Рис.2.1. Структурна схема спектрофотометру на основі інтегруючої сфери

Принцип роботи надає можливість отримання показників освітленості сфери. Джерело світла і монохроматор складені в єдиний елемент для створення колімованого потоку тому дізнатись його показники можемо з документації лазера. Для виміру світла в сфері з дифузним покриттям внутрішньої поверхні та встановленим приймачем світла котрий передає сигнал до схеми, котра змінює навантаження відносно освітленості та надає числові значення.

2.2. Вибір і обґрунтування методики виготовлення інтегруючої сфери

Виготовлення дослідного обладнання за допомогою 3D принтера має переваги використання та гнучкі можливості створення моделі майбутнього виробу.

Для проектування інтегруючої сфери варто врахувати її майбутнє призначення. Розмірковуючи про це варто розглянути функціональність та надійність моделі. Маю надію майбутнього використання сфери в лабораторних практиках тому варто розробити модель відповідної умови.

2.2.1. Основні вимоги до виготовлення інтегруючої сфери

З огляду на літературні джерела [12] можна обрати наступні параметри інтегруючої сфери. Технічні характеристики розмірів інтегруючої сфери: внутрішній діаметр 190 мм, отвір з діаметром 6 мм для встановлення приймача, паз для зразку з отвором для проходження світла в середину сфери діаметром 16 мм та проектування кріплення в системі спектрофотометру на штифт. Поверхня з середини має розсіювати відбите світло.

2.2.2. Вибір та обґрунтування програмного забезпечення, пристроїв, методів та матеріалів

Розглянемо основні етапи створення 3-D моделі інтегруючої сфери.

Вибір програмного забезпечення для розробки 3-D моделі. В наш час можемо виготовити сферу маючи модель, 3д принтер та матеріал з якого буде друкуватись сфера. Для створення моделі можливе використання програм: «AutoCAD», «Компас3D V16», «Blender».

В даній роботі було використано моделювання в програмному середовищі «Компас3D V16». Розроблену 3-D модель зберігаємо в форматі з розширенням «.stl» для налаштування друку і переведення її в G-код.

Вибір матеріалу. Матеріал для друку був обраний порівняльним методом. Пластик ABS - це міцний і трохи більш піддатливий в порівнянні з PLA пластик.. Пластичність ABS дозволяє легко створювати елементи різних з'єднань і кріплення. Він легко шліфується і обробляється. Важливо відзначити, що ABS розчиняється в ацетоні, що дозволяє склеювати деталі і добиватися дуже гладкої поверхні.

PLA пластик створюється з найрізноманітніших продуктів сільського господарства - кукурудзи, картоплі, цукрових буряків. Вважається більш екологічним, ніж ABS, в основі якого лежить нафта. Спочатку він застосовувався для виготовлення продуктових упаковок. PLA такий же міцний, але більш жорсткий, ніж ABS, тому його складніше використовувати для з'єднань різних елементів. Роздруковані об'єкти, як правило, більш гладенькі. PLA трохи важче шліфувати і обробляти, ніж ABS. Більш низька температура плавлення робить PLA непридатним для ряду ситуацій.

Пластик ABS матеріал що використовувався для сфери - стійкий до ударів матеріал, що відноситься до інженерних пластиків. Має більш високу стійкість до ударних навантажень в порівнянні з полістиролом загального призначення, ударостійким полістиролом і іншими полімерами стиролу. Перевершує їх по

механічної міцності і жорсткості. Витримує короткочасний нагрів до 90-100 ° С. Максимальна температура тривалої експлуатації: 75 - 80 ° С. АБС-пластик придатний для нанесення гальванічного покриття, для вакуумної металізації, а також для пайки контактів. Добре зварюється. Рекомендується для точного лиття. Має високу розмірну стабільність. Дає блискучу поверхню. Є спеціальні марки з підвищеним і зниженим блиском. Стійкий до лугів, мастил, розчинів неорганічних солей і кислот, вуглеводнів, жирів, бензину. Розчиняється в ацетоні, ефірі, бензолі, Етілхлорід, етиленхлориду, аніліні, анізол. Не стійкий до ультрафіолетового випромінювання. Характеризується обмеженою стійкістю проти атмосферних впливів і зниженими електроізоляційними властивостями в порівнянні з полістиролом загального призначення і ударостійким полістиролом.

Таблиця 2.1. Фізико-механічні властивості пластику АБС
[<http://www.polymerbranch.com/catalogp/view/8.html&viewinfo=2>]

Властивість	Значення
Щільність:	1,02-1,08 г/см ³
Міцність при розтягуванні	35-50 МПа
Міцність при згині	50-87 МПа
Міцність при стисненні	46-80 МПа
Усадка (при виготовленні виробів)	0,4-0,7%
Твердість по Брінеллю	90-150 МПа
Температура розм'якшення	90-105 ° С
Максимальна температура тривалої експлуатації	75-80 ° С
Діапазон технологічних температур	200-260 ° С

Вибір 3-D друку Маючи модель в форматі .stl можемо обирати принтер з огляду на розміри та якість друку. Друк і подальшу обробку сфери проводитиме в компанії «Bilamura» (науково-дослідної лабораторії, яка допомагає відтворювати ідеї в реальні об'єкти з пластику). Данна компанія має Builder Extreme 1500 - 3D-принтер з потрібним розміром робочої зони та якістю друку.

Таблиця 2.2. Технічні характеристики Builder Extreme 1500

Параметр	Характеристика
Обсяг друку	1100 x 500 x 820 мм
Швидкість друку	10 - 80 мм / с
Висота шару	0,05 - 0,6 мм
Діаметр сопла	0,4; 0,8; 1,2 мм
Макс. температура платформи	60° C

У програмі принтера (Builder Extreme) постачається забезпечення для нарізки програм Simplify3D. Дивлячись на це встановлюємо параметри: швидкість друку, підтримки нависаючих поверхонь, температура сопла та розширення першого шару. Після виконання налаштувань можемо продивитись як програмований G-код будує виріб шар за шаром, кількість необхідного пластику та час друку.

Обробка внутрішньої поверхні. Якість надрукованих поверхонь потребує вирівнювання тому маємо використовувати шпаклівку і шліфувальний папір. При виборі маємо звернути увагу на поверхню нанесення даної шпаклівки. Двокомпонентна краще взаємодіє з пластиком за рахунок наявності в шпаклівці затверджувача, який входить в легку реакцію з пластиком, тому обрано універсальну шпаклівку «Kartrex». Поступово зрівнюємо нерівності поверхні також покриваємо на вид рівні поверхні, для утворення однорідного покриття використовуємо шліфувальний папір.

Вибір дифузного покриття Основою складовою покриття має бути сульфат барію (BaSO_4), використовується як білий пігмент для утворення дифузного відбивання.

Сірчаноокисла сіль барію практично нерозчинна у воді й дуже малорозчинна у кислотах і розчинах гідрооксидів лужних металів. Обрали вапняну фарбу Primalex Fortissimo з потрібними характеристиками.

Таблиця 2.3. Технічні характеристики покриття Primalex Fortissimo

Параметр	Характеристика
Основа фарби	Водоемульсійна
Рівень блиску	Матова
Спосіб нанесення	Механізований, пензликом, валиком
Білість	мін.90% BaSO ₄

Нанесення дифузного покриття В компанії де оброблював деталь є малярна кімната і компресор, для підтримання рівності підготовленого покриття нанесення фарби проведемо механізованим методом з використанням пульверизатора. Для досягнення бажаного ефекту маємо фарбувати в 3 шари, кожен шар з інтервалом в 10 хв.

2.2.3. Процес виготовлення інтегруючої сфери

В даній роботі було спроектовано інтегруючу сферу, яка може бути складовою спектрофотометру для дослідження оптичних параметрів біологічних середовищ.

Моделювання. Основні параметри для розробки: внутрішній діаметр інтегруючої сфери 190 мм (для порівняння результатів з ідентичними), вхідний отвір для розміщення зразку 16 мм і вихідний отвір для приймача 6 мм. З урахування вхідних даних, а також можливостей 3д принтеру «Builder Extreme 1500» . В програмному забезпеченні «Компас3D V16» було розроблено модель сфери, яка зображена на рис 2.2.

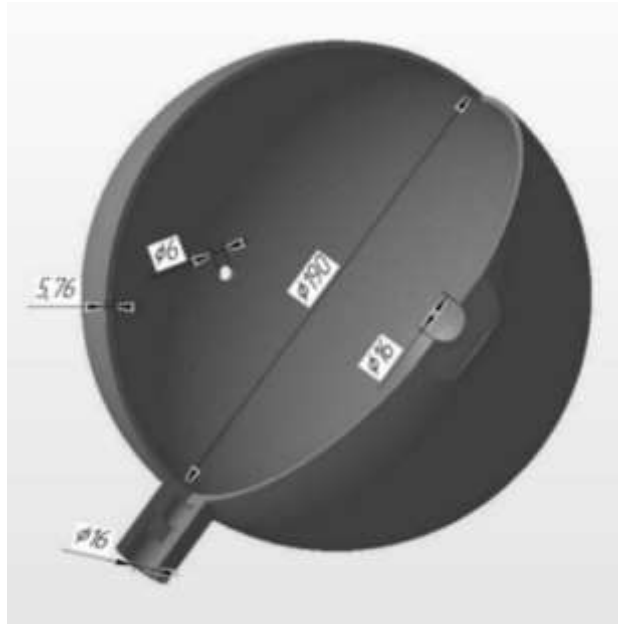


Рис. 2 .2 3D Модель сфери з допоміжними розмірами

Товщина стінок розрахована для друку з використанням сопла 0.4 мм. Матеріал для виготовлення сфери пластик АБС - ударостійкий матеріал. Сферу розбито на 2 частини для обробки поверхні та нанесення внутрішнього покриття BaSO₄ (фарбу Primalex Fortissimo), що забезпечує дифузне розсіяння.

Розроблення моделі має три частини котрі мають переважне значення. Сфера з внутрішнім діаметром 190 мм та товщиною стінки 5,76 мм (даний розмір з урахуванням друку використовуючи сопло з діаметром 0,4 мм і властивості АБС пластика давати усадку тому ширина одного проходу складає 0,48 мм, в налаштуванні створення G-коду (програма Simplify3D 3.1.0) можемо розрахувати що товщина стінок в 6 контурів складає $0,48 \cdot 6 = 2,88$ мм для міцності конструкції робимо модель з повним заповненням $2,88 \cdot 2 = 5,76$ мм.

Сфера має 2 отвори, один призначений для фіксації світлодіодного датчика з діаметром тіла 6 мм, другий отвір $\varnothing 16$ мм для проходження світла в сферу з комірцем для встановлення досліджуваних перешкод світлу 35x45 мм. Вид зображений на рис. 2.3

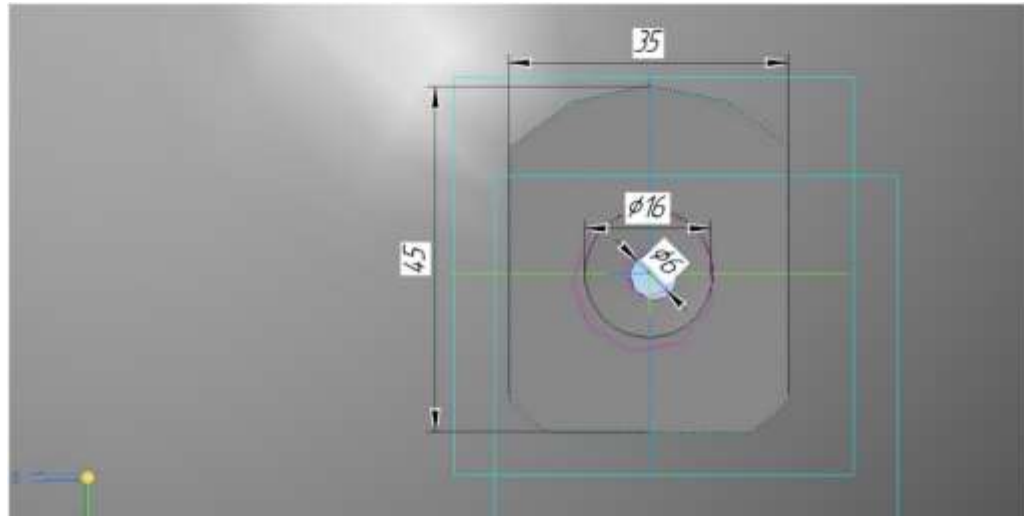


Рис.2.4 Моделювання отворів (з допоміжними розмірами)

Для закріплення сфери використовуючи шпильку проектуємо місце з'єднання (паз у вигляді стакану).

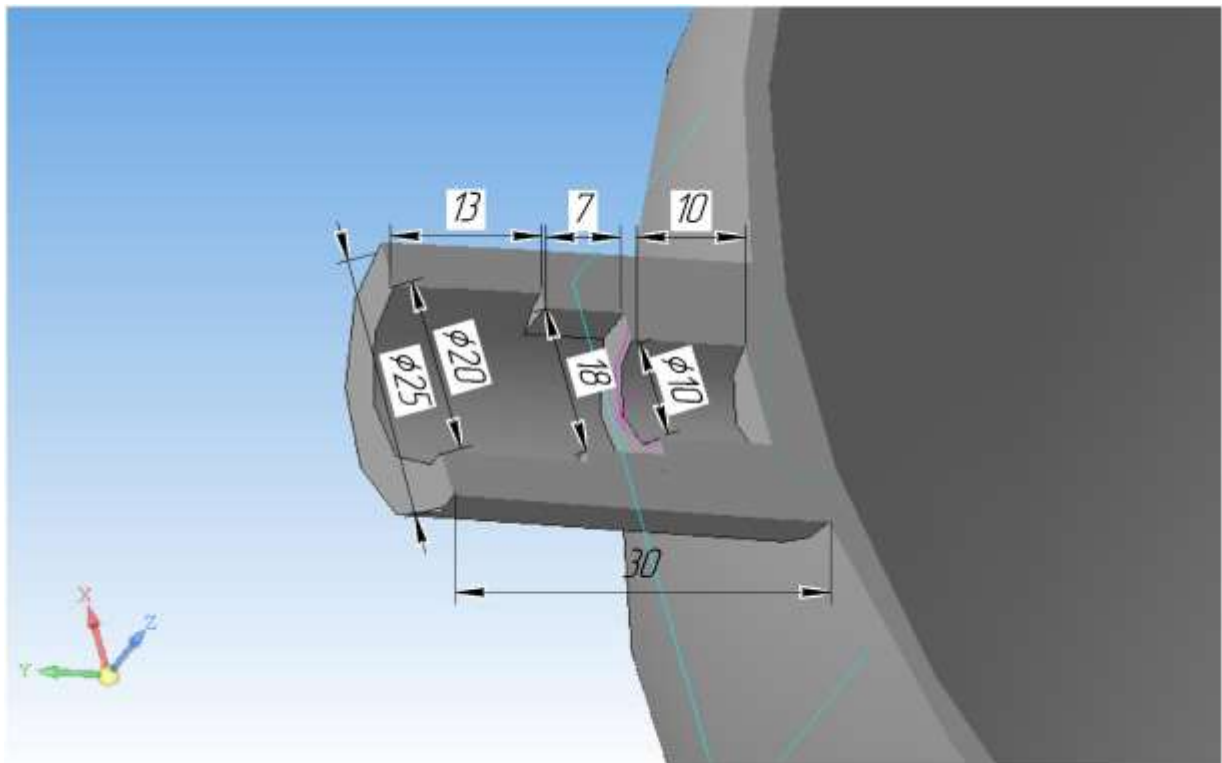


Рис. 2.5 Паз для установки

Для розділення сфери навпіл та перетворення моделі на G-код використовував програму «Simplify3D 3.1.0».

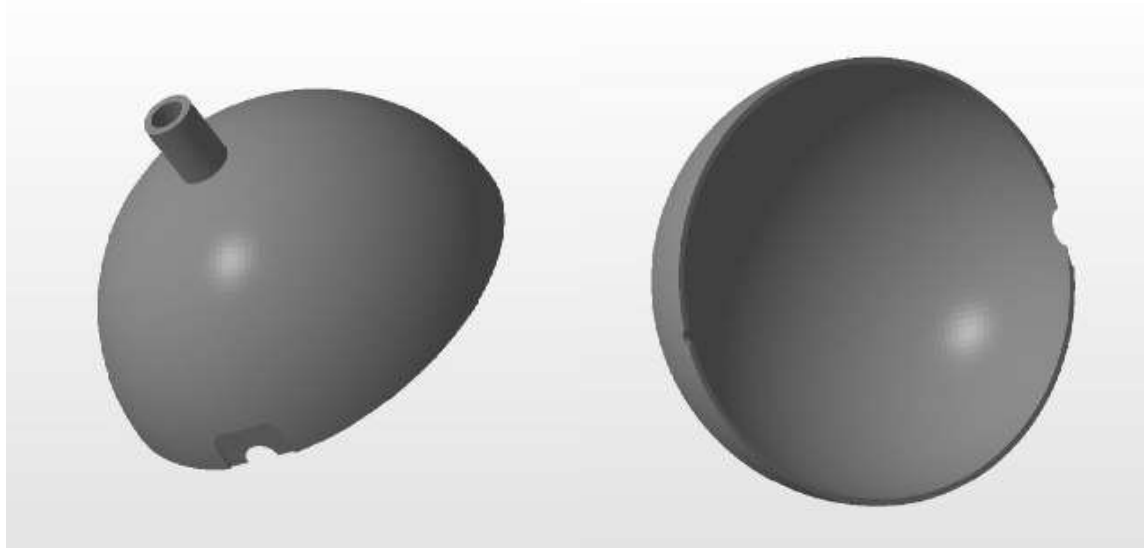


Рис.2.6 Нижня та верхня частини сфери

3-D друк. Також встановлюємо параметри (Рис.2.7): площа першого шару (1), швидкість та заповнення екструзії, розташування підтримок (2), швидкість обдуву (3) також встановлюємо потрібну температуру (4).

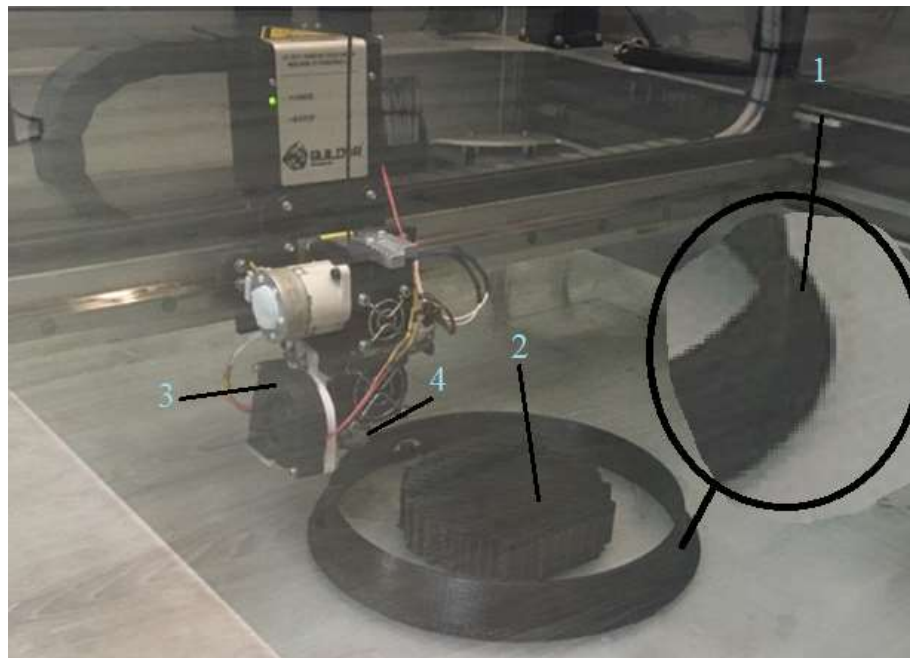


Рис.2.7 Друк деталі з заданим налаштуванням: 1- допоміжний шар складає 8 контурів, 2- підтримка для друку нависаючих поверхонь (властивості АБС-пластика дає змогу друкувати до тих пір поки кут між шарами $> 30^\circ$), 3- обдув виконує функцію охолодження екструдера і деталі, 4-екструдер відповідає за плавлення полімерного матеріалу і стабільну його подачу.

Комплекс операцій з оброблення виробу для надання йому необхідних властивостей є частиною багатоетапного технологічного процесу.

Обробка. Після 10 годин друку половина сфери була готова, але перш ніж нею можна користуватись маємо обробити поверхню Рис. 2.8. Дістаємо підтримки використовуючи різець та щипці. Шліфуємо модель прибираючи нерівність надрукованих поверхонь.



Рис.2.8 Підготовлені сфери для вирівнювання поверхні

Вибір шпаклівки випав на двокомпонентну універсальну шпаклівку «Kartrex».

Обробка поверхні з використанням шпаклівки можемо розділити на 3 етапи: чорновий, чистовий та фініш. Для нанесення шпаклівки використовується резиновий шпатель. При нанесенні першого шару маємо закрити всі глибокі впадини. Зрівнювання поверхні здійснюємо шліфувальним папером 180 мкм. При зачищенні наступних шарів збільшуємо зернистість паперу. Для фінального шару використовуємо шліфувальний папір з розміром зерна 700.



Рис.2.9 Деталь з шпаклівкою



Рис.2.10 Згладжені деталі

Даний процес повторно виконувався для досягнення потрібної поверхні для нанесення покриття з BaSO_4 (фарбу Primalex Fortissimo), що забезпечує дифузне розсіяння.



Рис.2.11 Деталь з шпаклівкою



Рис.2.12 Згладжені деталі

При виконанні чистового шару шпаклівки потрібно покрити всю поверхню котру будуть фарбувати, зачищення шпаклівки проводиться 700 шліфувальним папером.



Рис.2.13 Внутрішня поверхня сфери



Рис.2.14 Пошпакльовані півсфери

Після згладження поверхні потрібно обезжирити та протерти деталь для нанесення фарби.



Рис.2.15 Підготовлені напів сфери для нанесення покриття

Нанесення покриття. Покриття наносимо механічним способом використовуючи компресор. Для досягнення задовільного результату маємо фарбувати в 3 етапи.



Рис.2.16 Готові напів сфери для з'єднання



Рис.2.17 Інтегруюча сфера

2.3 Розробка приймального каналу

Для реєстрації оптичного випромінювання розробимо приймальний канал на основі світло приймача BPW-21 вихідним сигналом може бути напруга або струм. В даній роботі за основу обрано систему для вимірювання напруги. Дана схема має мати високий опір, щоб струм що протікає був мінімальним. Дана умова забезпечується схемою яка зазначена на рис. 2.18

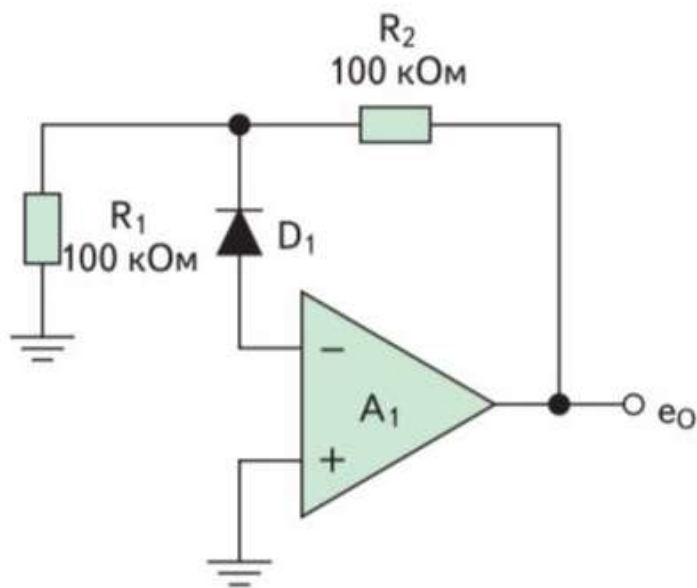


Рис.2.18 Схема підключення фотодіоду

В даному випадку фотодіод D1 включений послідовно з операційним підсилювачем A1. Ланцюг зворотного зв'язку, що складається з резисторів R1 та R2, задає підсилення на напруги на фотодіоді. Найменування елементів наведені в Таб.2.4.

Таб. 2.4 Найменування елементів електричної схеми

Елементи схемотехніки	Найменування	Кількість
Резистор 100 кОм	SR PASSIVES	2
Підсилювач	LM358N	1
Фотодіод	BPW-21	1

Електричну схему було зібрано на стенді BX-4123, загальний вигляд показано на рис.2.19

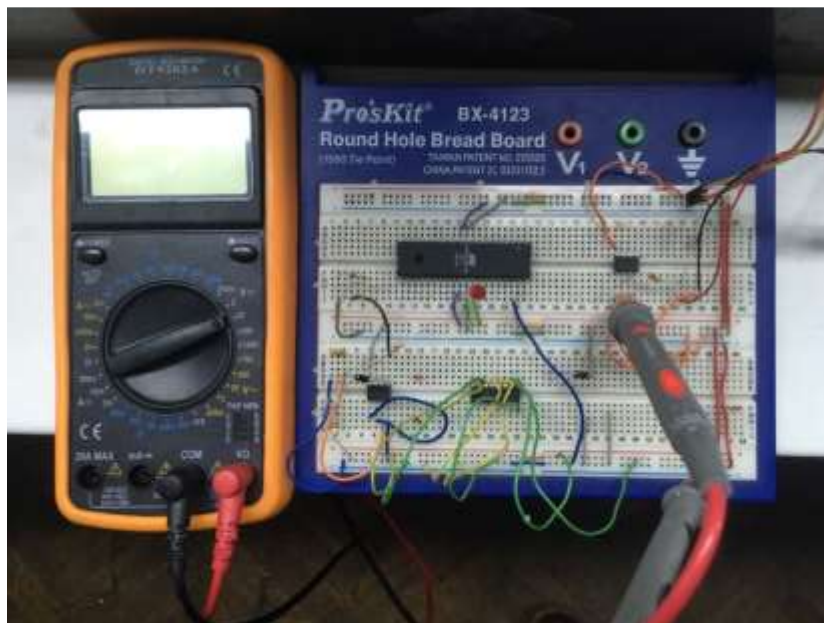


Рис.2.19 Електрична схема приймального каналу

2.4. Складання експериментальної установки

Для встановлення датчика використовуємо отвір діаметром 6 мм. Закріплюємо контакти за допомогою 3д ручки та ізоляційної стрічки. Зовнішній вигляд даної конструкції наведений на рис.2.20.



а)



б)

Рис.2.20 Сфера з встановленим світло датчиком а- вид ззовні, б- вид зсередини

Для перевірки пристрою було проведено вимірювання напруги з закритим вхідним вікном рис 2.21 а, та з випромінювачем 2.21 б. Мулитиметер показав значення нуль до першого зразку та 3.65 для другого.



а)



б)

Рис.2.21 Тестування сфери на світло: а- без дії світла, б- з показником внутрішнього освітлення

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

Розглянуто основні елементи спектрофотометру. Запропоновано та обґрунтовано методику виготовлення інтегруючої сфери. Обґрунтовано вимоги до виготовлення інтегруючої сфери. Проаналізовано основні етапи інтегруючої сфери. Спроековано та виготовлено експериментальний зразок. Виходячи собівартості обраних матеріалів без врахування роботи, розроблений спектрофотометр на основі інтегруючої сфери та приймального каналу буде коштувати 600 грн.

Розділ 3. Проведення та обробка екскрементів

3.1 Методика проведення експерименту

На основі розробленої інтегруючої сфери та приймального каналу було зібрано на оптичній лаві експериментальну установку спектрофотометру(рис.3.1), що призначений для визначення повного пропускання та складається з таких елементів: джерело світла ЛГН208а, система поляризаторів, інтегруюча сфера, фотодіод, електрична схема та вольтметра. Зразок розміщується в спеціальному пазі вхідного вікна інтегруючої сфери.



Рис.3.1 Макет спектрофотометру: 1- джерело світла (лазер), 2- система поляризаторів, 3- паз для встановлення зразка 4-інтегруюча сфера, 5-шнур фотодіода, 6- вольтметр, 7- схема для визначення освітленості сфери

Принцип роботи полягає у наступному. Підготовлений зразок розміщується між двома скляними пластинками та встановлюється в спеціальний паз 3. Система поляризаторів розміщується під певним кутом, що визначає потужність лазерного випромінювання, яке буде потрапляти на БС. Випромінювання від лазерного джерела 1 через систему поляризаторів 2 потрапляє на біологічний зразок, а після взаємодії з БС ослаблене поглинанням передається на фотодіод. Напруга на фотодіоді прямопропорційна ослабленню після взаємодії з біологічним зразком.

Відповідно до розробленої експериментальної установки методика проведення експерименту полягає у наступному (Рис.3.2).



Рис.3.2. Методика проведення експерименту

Перши етапом при проведенні експерименту є підготовка біологічних зразків до проведення експерименту. Основною вимогою при проведенні інвазивних вимірювань є забезпечення наближення властивостей зразку до природніх, або таких, що були використані при відомих дослідженнях. Підготовка зразку починається з відділення необхідної зони дослідження. Далі відокремлюють зразки певної товщини та площі, що залежать від характеру дослідження та ділянки вхідного вікна. Зразок поміщається між скельцями.

Контроль товщини здійснюється за допомогою мікрометру. Товщина може бути обрана такою, що не пропускає випромінювання – тоді досліди проводять на відбивання, або пропускає – тоді і на відбивання, і на пропускання.

Зразок, що розміщений між двома скельцями, поміщається в спеціальний паз на інтегруючій сфері.

Вимірювання напруги проводиться без зразку зі скляними пластинами (фонове) та зі зразком (корисний сигнал).

Обробка сигналу полягає в отриманні відносної напруги для можливості порівняння з результатами інших авторів.

Отримані результати при дослідженні на двох довжинах хвиль 633 нм та 405 нм для наглядності представляються у вигляді залежностей напруги від зміни кута між поляризаторами, що відповідає за потужність падаючого випромінювання.

3.2. Підготовка зразків

В даній роботі для дослідження використано зразки двох типів: гістологічні зрізи (ракові тканини молочної залози та два типи фіброаденоми) та м'язові тканини курки різних товщин. Принцип підготовки зразків полягав у наступному.

Гістологічні зрізи. Шматки ураженої тканини товщиною 4-5 мм прсочувались фіксуючим розчином та в подальшому за допомогою спеціального обладнання ділились на досліджувані зразки товщиною декілька мікрометрів. В подальшому зразки розміщувались між двома скельцями(рис 3.2.) Біль детально інформація про підготовку гістологічних зразків наведена в літературі [1].

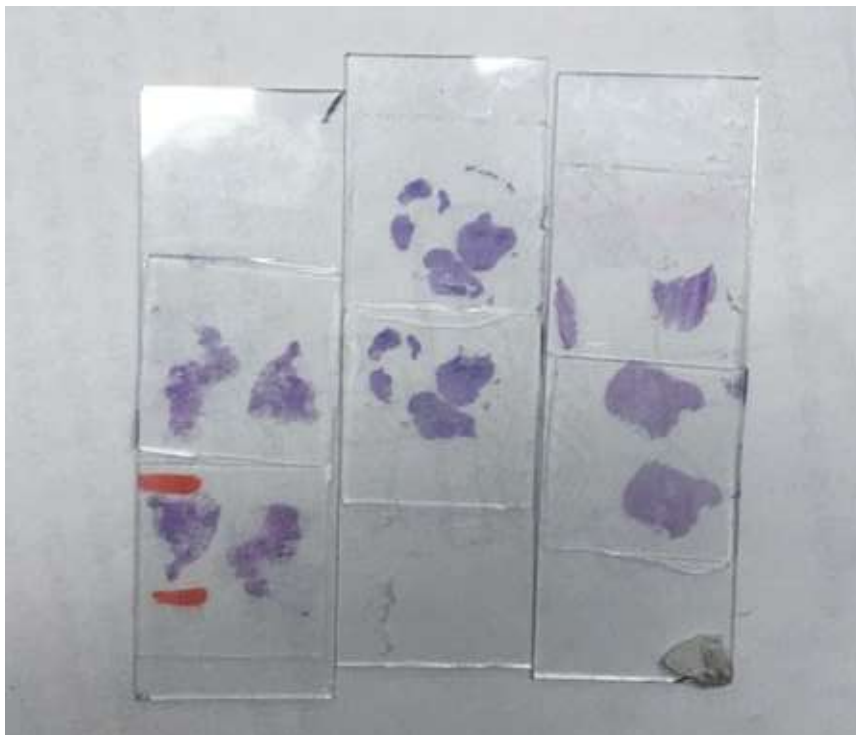


Рис3.2 Загальний вигляд гістологічних зрізів

Грудні м'язи курки. Заморожений до температури -15°C шматок грудних м'язів курки було розділено на бруски розмірами $3 \times 3 \times 4$ см за допомогою ножа. З отриманого бруска за допомогою скальпеля було відділено зразки, товщиною 1, 1.2 та 1.5 мм та розміщено між двома скляними пластинками (рис.3.3).

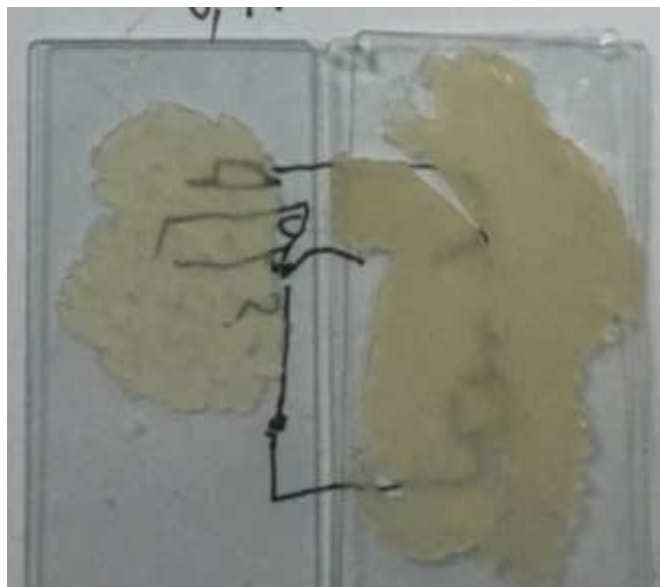


Рис3.2 Загальний вигляд зразків грудних м'язів курки

Товщина скляних пластинок, між якими розміщувалась біологічні зразки становила 0.7 мм.

3.3. Обробка та аналіз отриманих результатів

Для визначення фонового шуму було проведено вимірювання напруги при восьми позиціях розміщення поляризаторів та на двох довжинах хвилі без біологічного зразку. Результати експерименту наведені в таблиці 3.1.

Табл.3.1. Отримані значення напруги при проходженні випромінювання через скляні пластинки

Кут між поляризаторами, град	Скло	
	633 Нм	504 Нм
0	0,39	5,35
15	0,24	5,36
30	0,21	5,26
45	0,21	2,7
60	0,18	0,58
75	0,16	0,38
90	0,1	0,49
105	0,03	1,75
	Напруга, В	

Отримані значення напруги при дослідженні гістологічних зрізів раку молочної залози, фіброаденоми 1 та фіброаденоми 2 на двох довжинах хвиль в залежності від кута розміщення поляризатору.

Табл. 3.2 Отримані значення напруги при проходженні випромінювання через гістологічні зразки

Кут між поляризаторами, град	Рак молочної залози		Фібroadенома 1		Фібroadенома 2	
	633 Нм	405 Нм	633 Нм	405 Нм	633 Нм	405 Нм
0	13,15	0,07	10,87	0,88	13,46	0,88
15	20,75	0,07	20,83	0,98	21,33	1,00
30	22,57	0,07	23,62	0,94	23,71	1,02
45	22,29	0,10	19,76	1,32	18,24	1,44
60	21,94	0,26	12,06	3,52	18,44	4,09
75	15,94	0,82	0,56	2,34	10,25	1,74
90	11,90	0,65	1,80	0,82	3,80	0,90
105	0,00	0,19	12,67	0,43	2,33	0,75
Напруга, В						

Для порівняння отриманих результатів приведемо табличні значення у вигляді графічних залежностей (рис.3.3 та рис.3.4).



Рис.3.3. Залежність значень напруги від кута між поляризаторами для гістологічних зрізів тканин молочної залози при проходженні випромінювання довжини хвилі 633 нм

З рис.3.3. видно, що при червоній довжині хвилі доцільно використовувати кут повороту поляризаторів від 40 до 90 градусів. Саме на цьому проміжку отримані значення напруги відрізняються.

Більш інформативніші результати показали дослідження при використанні синього світла (рис.3.4), а саме значення напруги значно відрізнялись для гістологічних зразків тканин, уражених раковими клітинами.



Рис.3.4. Залежність значень напруги від кута між поляризаторами для гістологічних зрізів тканин молочної залози при проходженні випромінювання довжини хвилі 405 нм

Отримані значення напруги при дослідженні грудних м'язів курки різної товщини на двох довжинах хвиль в залежності від кута розміщення поляризатору.

Табл. 3.3 Отримані значення напруги при проходженні випромінювання через грудні м'язи курки.

Кут між поляризаторами, град	Товщина зразка					
	1 мм		1,2 мм		1,5 мм	
	633 Нм	405 Нм	633 Нм	405 Нм	633 Нм	405 Нм
0	4,97	0,26	2,28	0,16	0,62	0,11
15	11,83	0,47	5,71	0,19	1,13	0,14
30	14,86	0,53	6,76	0,17	1,24	0,09
45	13,1	0,84	5,76	0,26	1,00	0,10
60	10,28	3,22	4,50	0,79	0,67	0,29
75	7,81	3,11	1,69	0,68	0,00	0,11
90	3,2	0,82	0,50	0,82	0,80	0,31
105	1,33	0,02	3,00	0,06	7,00	0,17
	Напруга, В					

Для порівняння отриманих результатів приведемо табличні значення у вигляді графічних залежностей (рис.3.5 та рис.3.6).

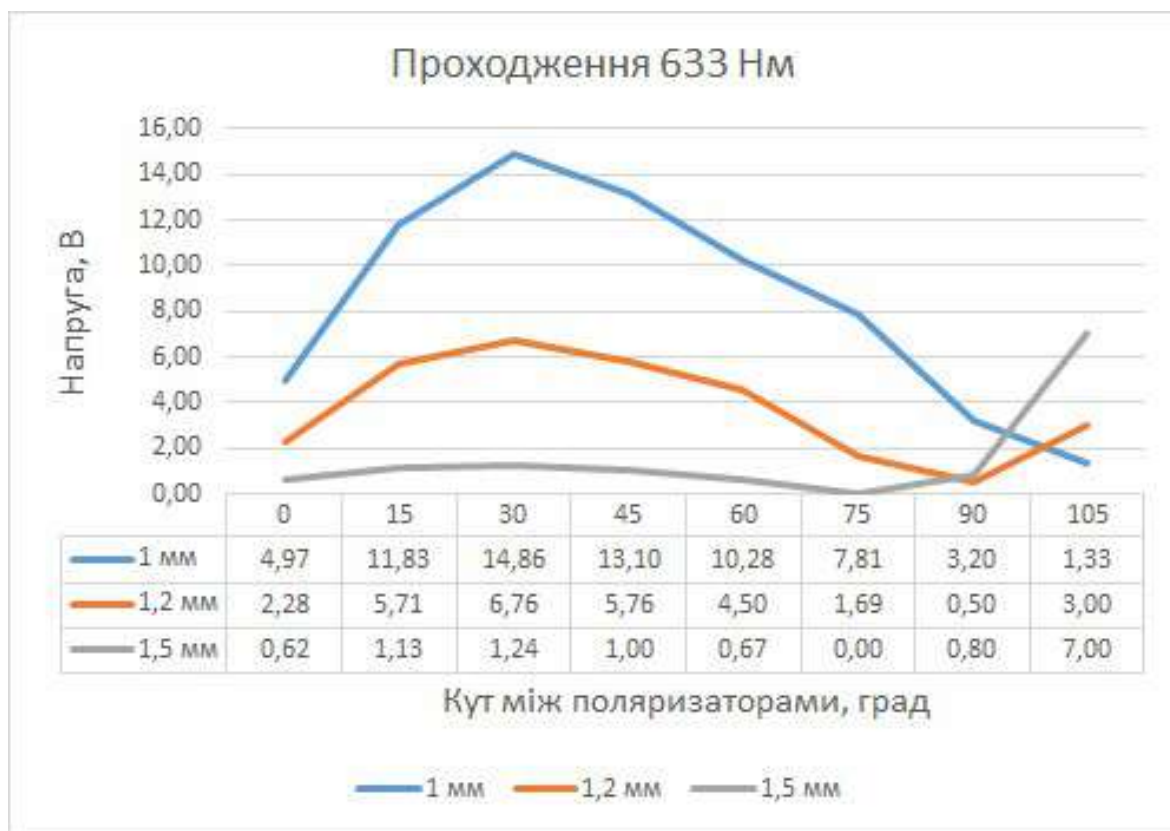


Рис.3.5. Залежність значень напруги від кута між поляризаторами для грудних м'язів курки різної товщини при проходженні випромінювання довжини хвилі 633 нм



Рис.3.6. Залежність значень напруги від кута між поляризаторами для грудних м'язів курки різної товщини при проходженні випромінювання довжини хвилі 405 нм

З отриманих графіків можна зробити висновок, що при дослідженні тканин на довжині хвилі 633 Нм доцільно використовувати зразки, товщиною не більше 1,2 мм, оскільки при 1.5 мм значення напруги падали майже в нуль (рис.3.5).

Ще менші значення напруги були зафіксовані на довжині хвилі 405 Нм. В цьому випадку доцільно використовувати зразки не більші за 1 мм, причому кут повороту поляризаторів повинен знаходитись в межах від 45 до 90 градусів.

Для отримання відносних значень напруги корисний сигнал поділили на фоновий. Отримані результати для відповідних зразків наведено в таблицях 3.4 та 3.5.

Табл. 3.4 Отримані значення напруги у відносних одиницях при проходженні випромінювання через гістологічні зразки

Кут між поляризаторами, град	Рак молочної залози		Фібroadенома 1		Фібroadенома 2	
	633 Нм	405 Нм	633 Нм	405 Нм	633 Нм	405 Нм
0	5,13	0,36	4,24	4,7	5,25	4,73
15	4,98	0,36	5	5,24	5,12	5,36
30	4,74	0,35	4,96	4,93	4,98	5,37
45	4,68	0,28	4,15	3,57	3,83	3,9
60	3,95	0,15	2,17	2,04	3,32	2,37
75	2,55	0,31	0,09	0,89	1,64	0,66
90	1,19	0,32	0,18	0,4	0,38	0,44
105	0	0,34	0,38	0,75	0,07	1,31
	Напруга, В.о					

Табл. 3.5 Отримані значення напруги у відносних одиницях при проходженні випромінювання через грудні м'язи курки

Кут між поляризаторами, град	Товщина зразка					
	1 мм		1,2 мм		1,5 мм	
	633 Нм	405 Нм	633 Нм	405 Нм	633 Нм	405 Нм
0	1,94	1,37	0,89	0,86	0,24	0,6
15	2,84	2,53	1,37	1,02	0,27	0,76
30	3,12	2,81	1,42	0,90	0,26	0,48
45	2,75	2,28	1,21	0,69	0,21	0,26
60	1,85	1,87	0,81	0,46	0,12	0,17
75	1,25	1,18	0,27	0,26	0	0,04
90	0,32	0,4	0,05	0,4	0,08	0,15
105	0,04	0,04	0,09	0,1	0,21	0,3
	Напруга, В.о					

З отриманих результатів можна зробити висновок, що спроектований та виготовлений спектрофотометр може бути використаний для дослідження випромінювання, що пройшло через біологічний зразок, а також для порівняння з іншими результатами, отриманими іншими методами [14-18]

Висновки до розділу 3

В даному розділі запропоновано методику проведення експерименту на виготовленому спектрофотометрі, що дасть змогу в подальшому визначати коефіцієнт пропускання. Обґрунтовано процедуру приготування зразку. Проведено експериментальні дослідження та встановлено умови проведення експерименту при дослідженні гістологічних зрізів молочної залози, а також оптимальні товщини для різних довжин хвиль.

РОЗДІЛ 4 СТАРТАП ПРОЕКТ

4.1 Опис ідеї проекту

Огляд сучасних засобів для визначення показників пройденого світла в біологічних зразків надає змогу зробити висновки, що ці методи є інформативними для застосування при розробці медичного обладнання різного профілю. Цей вид досліджень стоїть майбутнє для швидкого та достовірного клінічного дослідження патології в тканинних структурах живих істот та в порівнянні результатів зі здоровим біологічним зразком.

Ідея проекту полягає у розробці удосконаленої установки для визначення показників пропускання через різні біологічні зразки, які використовують з діагностичною та терапевтичною метою в медицині та наукових дослідженнях. Потенційні ринки для цієї установки, в межах яких буде здійснено пошук потенційних клієнтів описано в табл. 4.1.

Таблиця 4.1. Опис ідеї стартап проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Пропонується установка для визначення показника пропускання біологічного середовища	Дослідження зміни показника пропускання у здорових та патологічних біоматеріалів	Метод, який дозволяє використовувати малу частину біологічного зразка
	Розробка установки для лабораторного дослідження	Вища інформативність та більш точні результати дослідження
	Вимірювання явища повного пропускання.	За рахунок порівняння отриманих результатів легше зробити висновок щодо патології

Отже, пропонуємо нову спектрофотометричну установку для визначення показника пропускання та отримання числових значень, яка відрізняється від існуючих, економічною вигідністю, підвищеною інформативністю та можливістю отримання числових значень світла.

Далі проводимо аналіз техніко-економічних переваг ідеї порівняно із пропозиціями конкурентів:

- визначаємо перелік техніко-економічних властивостей та характеристик ідеї;
- визначаємо попереднє коло проектів-конкурентів або товарів-аналогів, що вже існують на ринку, та проводимо збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та проектів-конкурентів відповідно до визначеного вище переліку;
- проводимо порівняльний аналіз показників: для власної ідеї визначено показники, що мають а) гірші значення (W, слабкі); б) аналогічні (N, нейтральні) значення; в) кращі значення (S, сильні) (табл. 4.2).

Таблиця 4.2. Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка)	N (нейтральна)	S (сильна)
		МійПроект Спектрофотометр	Конкурент1-Спектрофотометр НОРОО	Конкурент2 - Спектрофотометр 10/Per Week	Конкурент3 - Спектрофотометр Lisun Electronics			
1.	Вид досліджень	in vitro	in vitro	in vitro	in vitro	-	-	+
2.	Вартість програмного забезпечення	Проста програмна складова, дешева	Проста програмна складова, дешева	Складна програмна складова, дорога	Складна програмна складова, дорога	-	+	-
3.	неінвазивна	неінвазивна	неінвазивна	неінвазивна	неінвазивна	-	-	+

Продовження таблиці 4.2

4.	Тривалість дослідження	20 хв	15 хв	25 хв	10 хв	-	+	-
5.	Необхідність випробування	потрібно	потрібно	потрібно	потрібно	-	+	-

Підсумовуючи з'ясовані сильні, слабкі, та нейтральні характеристики і властивості ідеї потенційного методу робимо висновок про конкурентоздатність спектрофотометра розробленого для визначення пропускання біологічних зразків. Додаткові витрати на програмне забезпечення методу виправдовується зменшенням часу процедури проведення дослідження та більш точною інформативністю досліджень.

4.2 Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного підрозділу проводимо аудит технології, а саме мови програмування, за допомогою якої можна реалізувати ідею створення спектрофотометричної установки для визначення показника пропускання. Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз складових які вказані в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3. Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проек-ту	Технології реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.	Установка	Використання оптичних елементів	наявна	платна
2.	Програма реалізації	Excel 2019	наявна	платна
3.	Моніторинг та користування дослідженням	Методи математичного аналізу, статистики	Розроблено для проекту	Безкоштовна, доступна

З аналізу даних, що наведені в таблиці 4.3, можна зробити висновок, що можливість технічної реалізації даного проекту досить висока, оскільки, технології, що використовуються при його розробці доступні у вільному доступі та об'єкту дослідження за рахунок власних розроблених методик з програмним забезпеченням.

Для визначення технологічності ідеї потрібно відповісти на основні питання стосовно гоніометричної установки, які наведено в таблиці 4.4 [20]

Таблиця 4.4. Опрацювання питань для удосконалення гоніометричної установки

№ з/п	Запитання	Відповідь
1	Частиною яких систем є продукт?	Спектрофотометрична установка є частиною системи обробки показників БС.
2	Які функції надсистеми може виконувати продукт? Як їх з ним пов'язати?	Установка виконує функцію дослідження явища повного пропускання в біологічних тканинах.
3	Чи можна з'єднати продукт в одне ціле?	Так, можливо, але в даному продукті є рухомі частини.
4	Чи можна об'єднати (агрегувати) кілька елементів продукту в один?	Для скріплення двох елементів, а саме сфери та скельце зі зразком було створена деталь, яка буде скріплювати дві частини з натягом.
5	Чи можна нерухомі частини продукту зробити рухомими і навпаки?	Так, можна приєднати лазер або сферу до рухомого механізму та змінювати кути падіння або отримання результату.
6	Яким має бути ідеальний продукт?	Повинен мати високу точність та має бути максимально надійним для користувача.
7	Що відбудеться, якщо вилучити цей продукт? Чим його можна замінити?	Так, його можна замінити на методи, які сьогодні вже давно не використовуються, так як не дають точні результати вимірювання.
8	Яким цей продукт був у минулому?	Раніше використовувалась інтегруюча сфера, виготовлена з паперу та заліза.

Продовження таблиці 4.4

9	На розвиток яких функцій спрямоване удосконалення продукту?	На зменшення витрат при виготовленні складових спектрофотометру за допомогою використання 3D друку.
10	Які функції залишилися «недорозвиненими»?	Треба допрацювати програмне забезпечення для обчислень отриманих даних з датчиків.
11	Як можна натеper розвинути ці функції?	Так можливо, є ідеї щодо реалізації цих функцій

При розгляді таблиці 4.4 зроблено висновки, щодо подальшого розвитку установки, вказано галузь, де використовується прилад, зроблено порівняння з установками аналогами. Поставлено цілі, щодо ідеалізації спектрофотометру для вимірювання показника повного проходження світла в біологічному середовищі.

4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектівконкурентів. Проведемо аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку, що наведено в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	2 «Lisun Electronics» (Китай) «Lisun Electronics Co» (Німеччина)

Продовження таблиці 4.5

2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	23800
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Стагнує
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Апорбація результатів
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	До лабораторні умови проведення випробування Аналіз ризиків. Вимоги щодо безпечності та нешкідливості
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	53

Отже, відповідно до даних, отриманих у таблиці 4.5, робимо висновки, що даний ринок є привабливим для входження розробленої установки, оскільки можливий високий попит на установку в зв'язку з підвищенням доступності технології та дешевшою ціною в порівнянні з іноземними виробниками. Далі буде визначено потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та сформовано орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (табл. 4.6).

Таблиця 4.6 Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Точність та швидкість визначення показника пропускання в біологічному зразку	Державні діагностичні установи	• вартість • Інноваційність ідеї • Легка експлуатація	• наявність обладнання та матеріально-технічної бази; • робота обладнання згідно встановлених вимог; • наявність працівників відповідної кваліфікації, які мають необхідні знання та досвід;

Продовження таблиці 4.6

2		Науково-дослідницькі установи	• гнучкість проведення методики дослідження • вартість	• наявність обладнання та матеріально-технічної бази; • наявність працівників відповідної кваліфікації, які мають необхідні знання та досвід; • наявність документально підтвердженого досвіду виконання аналогічних договорів
3		Приватні діагностичні установи	• вартість • Інноваційність ідеї • Легка експлуатація	• наявність обладнання та матеріально-технічної бази; • робота обладнання згідно встановлених вимог; • наявність працівників відповідної кваліфікації, які мають необхідні знання та досвід;
4		експорт	• стандартизація (медичні прилади мають піддаватися особливому контролю) • зручність експлуатації • технічні регламенти • інноваційність	• наявність матеріально-технічної бази; • наявність працівників відповідної кваліфікації, які мають знання та досвід; • наявність документально підтвердженого досвіду виконання аналогічних договорів

Після визначення потенційних груп споживачів буде проведено аналіз ринкового середовища, які будуть складатися: з таблиці факторів, що сприяють

ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому перешкоджають (таблиці 4.7-4.8). Фактори в таблиці наведені в порядку зменшення значущості, а саме такі як: конкуренція, науково-технічний, політично-економічний, постачання та довіра споживача, та описано зміст загрози та можлива реакція компанії на фактори ризику.

Таблиця 4.7. Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	конкуренція	Зростання конкурентних установок	Підвищення конкурентоспроможності, розширення функціональних можливостей, удосконалення установки
2.	Науково-технічна	Установка стає застарілою	Модернізація установки або впровадження нових елементів
3.	Політично-економічна	Підвищення цін на закупівлю складових установки	Здійснення попереджувальних організаційно-технічних заходів, оптимізації товарно-матеріальних запасів, зменшення простоїв обладнання
4.	Постачання	Перебої в доставці елементів установки	Підтримка запасу елементів системи
5.	Довіра споживача	Похибка в результатах досліджень	Періодичний контроль роботи установки

У відповідності з проаналізованими факторами загроз можна зробити висновок, що є ймовірність виникнення загроз за такими факторами, як конкуренція та науково-технічний, тому необхідно робити постійний моніторинг нових розробок і впроваджувати новизну для установки. Також потрібно оцінювати політико-економічний та перевіряти постачальників. Але поряд із колом загроз існують і певні можливості (таблиця 4.8), такі як нові технології, державні замовлення, довіра клієнта, погіршення позиції на ринку та розвиток економіки країни.

Таблиця 4.8. Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1.	Нові технології	Застосування нових технологій (датчики)	Підтримка лідерства на ринку збуту
2.	Державні замовлення	Розширення сфери продажів	Розширення роботи на збільшення кількості
3.	Довіра покупця	Збільшення продажі	Розширення ринку
4.	Погіршення позицій конкурентів	Умови для збільшення попиту	Підвищення цін на установку
5.	Розвиток економіки країни	Збільшення продажі	Збільшення кількості працівників

Робимо висновок, що найбільш реальними факторами можливостей є фактор розвитку економіки країни та впровадження нових ідей, що призведе до модернізацій існуючої установки та збільшення попиту на її використання, на основі розроблених методів дослідження показника пропускання біологічних середовищ. Далі проводиться аналіз пропозиції: визначаються загальні риси конкуренції на ринку (табл. 4.9).

Таблиця 4.9. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
Тип конкуренції - олігополія	Характеризується кількістю (від 2 до 10), обгороджених бар'єрами, які перешкоджають вступу в галузь нових фірм	Контроль над цінами. Для установки важливо дістати довіру
За рівнем конкурентної боротьби - національний	Характеризується можливістю постачання інноваційної активності країни на міжнародний ринок.	-Ідея технології компанії є інноваційна і вона конкурентоспроможна на міжнародному ринку.

Продовження таблиці 4.9

За галузевою ознакою - внутрішньогалузева	Використовується в галузі медицина	-Технологія виробництва має більшу продуктивність, на відміну від конкурентів
Конкуренція за видами товарів: - товарно-родова	Спектрофотометр може бути замінений на іншого роду пристрої	Компанії необхідно завоювати ринок серед товарів роду, тому можуть виникнути складності при конкуренції.

Проаналізувавши дані за таблицею 4.8 можна зробити висновки, що запропонована установка щодо реалізації методу демонструє високу конкурентоспроможність на ряду з аналогами. Найбільш небезпечним конкурентним середовищем є товарно-родова. Для цього передбачено рядових ідей, щоб тримати свої позиції на ринку.

Після аналізу конкуренції проведемо більш детальний аналіз умов конкуренції в вузькопрофільній галузі (табл.4.10).

Таблиця 4.10. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
Складові аналізу	«Bellingham +Stanley Ltd» (Англія) «Anton Paar Optotec GmbH» (Німеччина)	-патенти на технології; -доступ до каналів розподілу -економія на масштабах -розмір капіталовкладень;	змінні витрати на постачання; -значення розміру поставок	-прибутки; -контроль якості; -розмір закупівель;	-ціна; -лояльність споживачів;

Продовження таблиці 4.10

Висновки:	Конкуренти є лідерами технологій аналізаторів біологічних параметрів, але вдосконалення установки дає можливість вийти на світовий ринок	можливість входу на ринок є, але значним бар'єром є розмір капіталовкладень. Строки виходу на ринок: 2 роки	Постачальники є основною складністю, тому що вони є основним гальмом у створенні установки	Для клієнта найголовніше точність вимірювання та легкість у проведенні дослідів	Конкурентоспроможність за рахунок доступної ціни, точності збірки установки
-----------	--	---	--	---	---

З огляду на ситуацію існує кілька факторів, які обов'язково мають постійно контролюватися, щоб знизити фактори ризику і збільшити попит на продукт: високий рівень якості установки і невисока ціна, що забезпечить високу ланку на ринку технологій досліджень показників заломлення біологічних тканин. На основі аналізу конкуренції (табл. 4.10), а також із урахуванням характеристик ідеї проекту (табл. 4.2), вимог споживачів до товару (табл. 4.6) та 102 факторів маркетингового середовища (табл. 4.7 - 4.8) буде визначено та обґрунтовано перелік факторів конкурентоспроможності табл. 4.11.

Таблиця 4.11. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Точність отриманих результатів дослідження	Висока достовірність отриманих результатів, яка підтверджується математичними та оптичними розрахунками.
2	Аналіз результатів	Дає можливість аналізувати отримані результати за допомогою комп'ютерного ПЗ та провести розрахунки для кутів

Продовження таблиці 4.11

3	Доступ до виконання лабораторних досліджень	Ціна на установку і програмне забезпечення дає можливість для використання в лабораторних умовах
4	Проста конструкція	Установка має меншу кількість елементів у своїй основі
5.	Патенти	Розроблена і запатентована технологія та метод дослідження показників заломлення

Можна зробити висновки, що розроблена установка визначення показника пропускання біологічних тканин, згідно з обґрунтуванням факторів конкурентоспроможності, має ряд суттєвих переваг, що виражає його можливість конкурування з іншими методами галузі і що надає змогу розглядати його як перспективний проект для залучення коштів. Далі в таблиці 4.12 представлено порівняльний аналіз сильних та слабких сторін.

Таблиця 4.12. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «Спектрофотометрична система для визначення показника пропускання біологічних середовищ»

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з Lisun Electronics						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Наявність патентів	14		+					
2	Велика кількість постачальників	13			+				
3	Висока якість	18				+			
4	Технічна підтримка	19			+				
5.	Ціна	13						+	
6	Аналіз результатів	16				+			
7	Простота конструкції	17					+		

З аналізування даних таблиць 4.11 та 4.12 бачимо, що фактори конкурентоспроможності суттєві та мають великий внесок при впровадженні спектрофотометричної системи визначення показника пропускання біологічних тканин. Основною перевагою та головним досягненням є висока якість, ціна, простота конструкції та технічна підтримка. З таблиці 4.13 бачимо сильні та слабкі сторони реалізованого проекту.

Таблиця 4.13. SWOT- аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: 1 Час проведення дослідів 2 Види дослідження біозразків 3 Неінвазійна технологія 4 Програма для обробки результатів 5 Виникнення нових світло датчиків	Слабкі сторони: 1. Недостатність знань при використанні установки 2. Застарілий метод використання інтегруючої Сфери. 3. Використання для вузькоспеціалізованих галузей
Можливості: 1. Нові технології 2. Державні замовлення 3. Довіра покупця; 4. Погуршення позиції конкурентів 5 Розвиток економіки країни.	Загрози: 1. Конкуренція. 2. Науково-технічна 3. Політичні-економічна; 4. Постачання; 5. Довіра споживача.

Отже, SWOT-аналіз дозволяє краще оцінити структуру проекту: визначити слабкі та сильні сторони реалізованої установки та оцінити загрози та можливості, щоб обрати найбільш оптимальну стратегію розвитку. Це дозволяє розробити подальший перелік заходів (альтернативи ринкової поведінки) для виведення

стартап-проекту на ринок (табл. 4.14) та отримати орієнтовний оптимальний час його ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів.

Таблиця 4.14. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Стратегія нейтралізації ринкових загроз сильними сторонами стартапу	Ймовірність висока за рахунок встановлення сучасних світло датчиків, удосконалення програми реалізації проекту	6 місяців
2	Стратегія компенсації слабких сторін стартапу наявними ринковими можливостями	Ймовірність впровадження нових технологій та методів в реалізацію установки та розширення попиту на товар за рахунок ознайомлення клієнтів з можливостями	2 роки

З зазначених альтернативних варіантів обираємо першу стратегію, оскільки цей шлях є найбільш надійним та швидким за часом реалізації, так як ринок формують споживачі і їх зацікавленість до реалізованої установки є в пріоритеті для торговельно-економічних шляхів. В наступному пункті на основі аналізу розробимо ринкові стратегії проекту.

4.4. Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів. Для

визначення цільових груп створено таблицю 4.15 щоб порівняти всі аспекти потенційних споживачів.

Таблиця 4.15. Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Індивідуальні споживачі які зацікавлені у дослідженні біологічних зразків	готові	10%	низька	Без обмежень
2	Науково-дослідницькі установи які зацікавлені у оптичних дослідженнях біологічних матеріалів	готові	50%	середня	Без обмежень
3	Медично-діагностичні установи усіх форм власності	Готові, але при відповідній документації для проведення дослідів	60%	висока	Потрібність у документації
Які цільові групи обрано: Під час аналізу потенційних груп споживачів було прийнято рішення що установка буде працювати із медично-діагностичними та науково-дослідними установами усіх форм власності .					

Згідно з результатами аналізу потенційних груп споживачів, найбільш перспективними було обрано цільові групи такі як науково-дослідних та медично-діагностичних установ різних форм власності. Кожна з обраних груп споживачів знайде для себе позитивні рішення розробленої геометричної установки для

дослідження показника заломлення біологічних середовищ: для медичних установ – це високий рівень інформативності досліджень та простота проведення досліджень, для науково-дослідних – простота реалізації установки та доступність технології.

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку (таблиця 4.16). Базується вона на стратегії охоплення ринку, така як диференційний маркетинг, оскільки установка є вузькоспеціалізована у використанні.

Таблиця 4.16. Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1	Отримання довіри споживачів за рахунок швидкості та якості досліджень	Диференційований маркетинг	Проста реалізація Швидкість дослідження Програмне забезпечення Доступність лабораторних проведень	Стратегія диференціації

В якості стратегії охоплення ринку обрано диференційований маркетинг, оскільки з потенційних груп споживачів було виявлено і обрано дві найбільш впливовіші на ринок, до яких буде застосовано комплексний підхід задоволення їх потреб. Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (таблиця. 4.17).

Таблиця 4.17. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1	ні	Забирання існуючих у прямих конкурентів	Частково, оскільки робота спектрофотометричної установки пов'язана з явищем повного внутрішнього пропускання, але відрізняється структурою проведення дослідів та обробкою результатів	Стратегія лідера

В якості стратегії конкурентної поведінки було обрано стратегію лідера - стратегію розширення первинного попиту, оскільки для розробленої установки найдоречніше формувати попит і розширювання напрямків застосування розробленої установки, що дозволить краще використовувати сильні сторони проекту.

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника і продукту, а також в залежності від стратегії розвитку та стратегії конкурентної поведінки розробляємо стратегію позиціонування яка визначається у формування ринкової позиції, за яким споживачі мають ідентифікувати проект (таблиця 4.18)

Таблиця 4.18. Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту
-------	-------------------------------------	---------------------------	--	---

Продовження таблиці 4.18

1	- Висока якість отриманих результатів - Швидкість вимірювань - Доступність технології - Гарантії якості	Стратегія диференціації	- Висока якість отриманих результатів - програмне забезпечення - швидкість проведення дослідів	- Якість. - Низька ціна. - Технічна підтримка.
---	--	-------------------------	--	--

Результатом підрозділу є узгоджена система рішень, щодо стратегії продажу установки, а саме визначено основних груп продажу товару, визначено ключових конкурентоспроможних позицій та вибору асоціацій, для формування комплексної позиції на ринку розробленого проекту та також визначено стратегії позиціонування на ринку збуту. Виділено основні пункти щодо ознайомлення цільової аудиторії з спектрофотометричною установкою для визначення явища повного пропускання в біологічних зразках.

4.4. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Формування маркетингової програми є першим кроком для впровадження і розробки маркетингової концепції спектрофотометра, яку отримає споживач. У таблиці 4.19 наведено результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 4.19. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Доступність	Низька ціна за установку	За рахунок простої конструкції та невисокої вартості реалізації
2	точність	Висока якість визначення показника пропускання	Якість вимірювань забезпечується приймачем, а саме світо датчиком, яка передає дані на вихід схеми

Продовження таблиці 4.19

3	Легкість	Проста у використанні технологія	Користувачеві не потрібно проходити курси для роботи з установкою
4	Технологічність	Простота конструкції	Мала кількість складових установки забезпечує простоту у дослідженні показника пропускання
5	Швидкість	Спектрофотометричний метод з використанням інтегруючої сфери є одним із найшвидших методів для визначення показника пропускання	Швидкість проведення досліджень на порядок вище за клінічні та лабораторні дослідження

Тож, аналізуючи дані наведені в таблиці 4.19, визначені ключові переваги перед конкурентами, розробленої установки визначення показника пропускання біологічних тканин, що забезпечує всі основні вимоги споживачів, які можна висунути до даної категорії продукції. Далі наведено трирівневу маркетингову модель товару, що уточнює властивості товару і до яких груп відносяться певні властивості установки (табл.4.20).

Таблиця 4.20. Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Удосконалена гоніометрична установка для дослідження показника пропускання		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1.Довговічність	Нм	Тх
	2.Технологічна собівартість	М	Е
	3 Вихідні дані	Нм	Тл
	4 Ремонтопридатність	М	Вр
	5 Швидкість проведення	Нм	Ор
Якість: відповідає Технічному регламенту щодо медичних виробів №753 КМУ, та нормам ДСТУ EN ISO13485:2016			

Продовження таблиці 4.20

			Пакування: програмне забезпечення записане на компакт диск.
			Марка: НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського. спектрофотометрична установка для визначення показника пропускання біологічних тканин»
III. Товар із підкріпленням			До продажу - відсутнє
			Після продажу: гарантія якості.

За аналізуванням I та II рівнів, що наведено в таблиці 4.20 моделі проекту гоніометричної системи для визначення показника заломлення та явиза повного пропускання, було визначено, що доречно забезпечити захист проекту від копіювання та втрат інформації, шляхом патентування методики проведення досліду та самої установки. Такий спосіб забезпечує високий рівень захисту і є найбільш вживаним для розробленого типу технологій.

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватися при встановленні ціни на потенційний товар, це передбачає аналіз цін товарів конкурентів, та доходів споживачів продукту (табл. 4.21).

Таблиця 4.21. Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	24000-31000 грн	34000-40000 грн	2000-3500 грн	5000-8000 грн

Встановлюємо нижню межу 5 000 грн., спираючись на рівень цін товарів замінників, та оцінюючи простоту і компактність установки, щоб технологія що пропонується не була замінена цією категорією товарів. Верхня межа була встановлена 80 000 грн., спираючись на значні відмінності рівня доходів цільових груп, з врахуванням максимальних цін на товари-аналоги. Далі наведено специфіка

формування стратегії збуту товарів у системі товаропросування, що наведено в таблиці 4.22.

Таблиця 4.22. Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Модифікована закупівля	Встановлення та підтримка контакту зі споживачем	Однорівневий канал	Вертикальна система збуту

Оскільки, поведінка цільових клієнтів відноситься до модифікованих закупівель (коли покупець проаналізовує і переоцінює можливі варіанти) і здійснюється вихід технології на ринок, який ще не повністю вивчений, то для встановлення контакту з споживачами і підтримки їх доцільно застосовувати однорівневий канал збуту вертикальної системи. Вертикальна система збуту створить контроль над товарорухом та координацію дій у каналах. Також основний пункт це орієнтація на конкретного споживача та зацікавленість його в продукті.

Складовою маркетингової програми, що буде визначено останньою є розробка концепції маркетингових комунікацій, яка спирається на попередньо обрану основу для позиціонування та специфіку поведінки клієнтів (табл. 4.23).

Таблиця 4.23. Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікації, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Модифікована закупівля	Інтернет ресурси, рекламні статті, виставки	точність результатів дослідження і швидкість досліджень	Зацікавленість та інформування споживача	Надійний метод дослідження за допомогою спектрофотометричної утсановки

Визначення ключові переваги установки, що пропонується, її системи збуту та аналіз її маркетингових комунікацій – забезпечують успішне просування товару на ринку, спираючись на цінності та потреби потенційних споживачів. Також визначено ключові позиції, обрані для позиціонування. Визначення основних комунікаційних каналів, якими користуються цільові групи клієнтів, надало змогу розробити стратегію ринкових комунікацій проекту, шляхом їх інформування і зацікавленням спектрофотометричною установкою для визначення показника пропускання світла.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4

Отже, розробка і впровадження стартап-проекту це можливість реалізації своїх ідей у життя на початку підприємницької діяльності. До якого б напрямку чи науки, технологій чи діяльності не відносився б стартап – головною рисою є його стрімке зростання та розвиток.

Спектрофотометрична установка для визначення показника пропускання біологічних тканин є інноваційною і перспективною в області оптичного дослідження патології біологічного зразка. Етап аналізу та переваг системи показав легкість технічного провадження ідеї та високий рівень конкурентного відношення на ринку, що вже з першого кроку вносить позитивні чинники для інвестування коштів в створену установку як для інвесторів, так і для розробника.

Етап розробки ринкової стратегії – являє собою найважливіший етап розробки стартап-проекту. В результаті розробки цього пункту, було визначено найуспішнішу ринкову стратегію для розробленої гоніометричної установки для знаходження показника заломлення біотканин, відповідно до цільових груп споживачів, та виділено систему рішень, щодо реалізації цієї стратегії. А завершальним етапом було розробка маркетингової програми стартапу, що створило передумови для визначення форм збуту товару, розглянуто установку за тьома рівнями, зроблено оцінку концепції товару та ціноутворення.

Можна зробити висновок, що створена спектрофотометрична система дослідження показника пропускання та кута повного внутрішнього відбиття в біологічних тканин має ряд переваг та недоліків, і при аналізі проведених етапів розробки стартап-проекту, після оцінки слабких та сильних сторін і визначення стратегій поведінки на ринку збуту – можна розглядати стартап-проект, як перспективний для залучення коштів та подальшого продажу його на вузькоспеціалізованому ринку.

Висновки по роботі

1. В даній магістерській дисертації розроблено технологічні засади виготовлення інтегруючої сфери, що є складовою біомедичного спектрофотометру, за технологією 3Д друку, що дають змогу скоротити собівартість приладу майже в три рази.
2. На основі виготовленої інтегруючої сфери та приймального каналу зібрано установку спектрофотометру, що дає змогу визначати падіння напруги, а отже і коефіцієнт пропускання, на фотоприймачі внаслідок поглинання випромінювання біологічним зразком.
3. Інтегруюча сфера розроблена на основі запропонованої методики та висунутих вимог.
4. Аналіз методів виготовлення сферичних поверхонь показав, що найбільш доцільним є 3Д друк.
5. Проведені експериментальні дослідження встановили, що доцільніше проводити дослідження гістологічних зрізів молочної залози на наявність ракових клітин на довжині хвилі 405 нм.

Список використаних джерел

1. Симоненко Г. В. Оптические свойства биологических тканей / Г. В. Симоненко, В. В. Тучин., 2007.
2. Волкова О.В., Елецкий Ю.К. Основы гистологии с гистологической техникой. М.: «Медицина», 1971. 272 с.
3. Дегтярєва Л.В., Гребеньщикова Н.О. Артефакти при гістологічних і гістохімічних дослідженнях: причини виникнення, шляхи запобігання // Патологія. 2009. № 1. С. 100–104.
4. Tuan Vo-Dinh Editor in Chief, Biomedical Photonics Handbook, CRC Press, New York (2003)
5. Тучин В.В. Оптическая биомедицинская диагностика / Валерий Викторович Тучин. – Москва: Физматлит, 2007. Т.1. С. 560. Т.2. С. 368
6. Безугла Н. В. Просторова фотометрія біологічних середовищ : дис. канд. техн. наук : 05.11.17 Біологічні та медичні прилади і системи / Безугла Наталя Василівна – Київ, 2016. – 136 с.
7. Тучин В.В. Оптика биологических тканей. Методы рассеяния света в медицинской диагностике Москва 2013. – 328 с.
8. Електронний ресурс [<http://www.freepatent.ru/patents/2295415>]
9. Електронний ресурс [<http://www.freepatent.ru/patents/2189268>]
10. . О.А. Смолянская, А.В. Возианова, О.В. Кравценюк, М.К. Ходзицкий БИОФОТОНИКА. МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ПО ЛАБОРАТОРНОМУ ПРАКТИКУМУ. Санкт-Петербург 2018 с. 14-22
11. <http://www.polymerbranch.com/catalogp/view/8.html&viewinfo=2>
12. Keiser G. Light-Tissue Interactions / Gerd Keiser // Biophotonics Concepts to Applications / Gerd Keiser. – Newton, USA: Springer Science+Business Media Singapore Pte Ltd, 2016. – (ISBN 978-981-10-0945-7). – С. 149–190.
13. Математична енциклопедія, Москва, 1984, т. 4, стор. 463

14. Н.В. Безугла, М.О. Безуглий, та Ю.В. Чмир, "Просторова потокова біометрія середовищ еліпсоїдальними рефлекторами", *Електроніка і зв'язок*, том 83, №6, с. 87 – 93, 2014.
15. Н.В. Безугла, М.О. Безуглий, Г.С. Тимчик, та К.П. Вонсевич, "Вплив осьової анізотропії розсіяння біологічних середовищ на точність визначення оптичних коефіцієнтів методом Монте-Карло", *Наукові вісті НТУУ «КПІ»*, том 99, №1, с. 85 – 91. 2015.
16. Н.В. Безугла, М.О. Безуглий, та Г.С. Тимчик, "Особливості анізотропії світлорозсіяння волокнистими біологічними тканинами", *Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування*, №50, с. 169 – 175, 2015.
17. М.А. Bezuglyi, N.V. Bezuglaya, and A.I. Nagorny, "Control of optical clearing of biological tissue by ellipsoidal reflectors method", *Microsystems. Electronics and Acoustics*, vol.24, no.2, pp. 6 – 13, 2019.
18. М.А. Bezuglyi, N.V. Bezuglaya, and D.V. Horban, "Determination the tissue anisotropy factor during the photometry by ellipsoidal reflectors", *KPI Science News*, no. 4, pp. 1 – 9, 2019.
19. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс]: Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.
20. БАЗОВА СТРАТЕГІЯ КОНКУРЕНЦІЇ ТА ЇЇ ВПЛИВ НА ФОРМУВАННЯ РИНКОВИХ ЦІН [Електронний ресурс]. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: <https://buklib.net/books/23179/>.
21. Долгов В. В. Фотометрия в лабораторной практике / В. В. Долгов, Е. Н. Ованесов, К. А. Щетникович. – Москва, 2004. – 142 с.
22. Антонюк В.С. Методологія наукових досліджень: [текст]: навч. Посібник / В. С. Антонюк, Л.Г. Полонський, В.І. Аверченков, Ю.А. Малахов.- К.:НТУУ «КПІ» , 2015.- 344 с.

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Декан приладобудівного факультету

Тимчик Г.С.

«___» _____ 2019 р.

А К Т

про впровадження результатів магістерського дисертаційного дослідження
Марушевського Богдана Олеговича
на тему:

«Біомедичний спектрофотометр»

Комісія у складі:

голова комісії

члени комісії

науковий керівник

- заст. декана з навч.-метод. роботи, к.т.н., доцент Філіппова М. В.;
- к.т.н., доцент Безуглий М. О.;
- асистент Яковенко І.О.;
- к.т.н., доцент Безугла Н. В.;

цим актом засвідчує те, що результати роботи магістерської дисертації Марушевського Богдана Олеговича на тему: «Біомедичний спектрофотометр» – розроблена методика проведення експерименту та підготовки зразків, а також спроектований та виготовлений макет експериментальної установки, використовуються викладачами кафедри виробництва приладів приладобудівного факультету КПІ ім. Ігоря Сікорського при проведенні лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Біофотоніка».

Голова комісії:

Члени комісії:



М.В. Філіппова

І.О. Яковенко

М.О. Безуглий

Н.В. Безугла

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

ПРИЛАДОБУДІВНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕНЕДЖМЕНТУ І МАРКЕТИНГУ



Інженерна Компанія
ТЕХНОПОЛІС

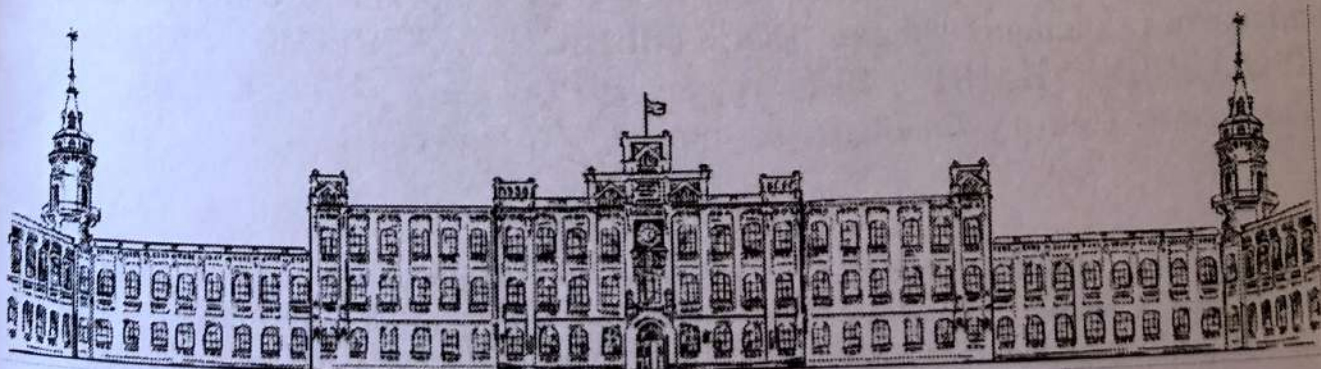


*XV Всеукраїнська науково-практична конференція студентів,
аспірантів та молодих вчених*

"ЕФЕКТИВНІСТЬ ІНЖЕНЕРНИХ РІШЕНЬ У ПРИЛАДОБУДУВАННІ"

10-11 грудня 2019 р.
м. Київ, Україна

Збірник праць конференції



КИЇВ 2019

УДК 615.847.8

Б.О. Марушевський, студент гр. ПБ-82мп, Н.В. Безугла к.т.н.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

БІОМЕДИЧНИЙ СПЕКТРОФОТОМЕТР

Анотація. Розглянуто вимірювання відображення і пропускання зразка за допомогою інтегруючої сфери - широко використовуваний в науці і виробництві метод. Проведено дослідження актуальності методів сучасних спектрофотометрів з допомогою інтегруючої сфери, аналіз методів, способів та пристроїв впливу на біологічні тканини та середовища. Створення інтегруючої сфери за допомогою 3Д принтера

Ключові слова: Спектрофотометр, інтегруюча сфера, колімування випромінювання.

АКТУАЛЬНІСТЬ ДОСЛІДЖЕННЯ

Стрімкий розвиток лазерних технологій привели до їх впровадження практично в усі напрямки науки і техніки, в тому числі в біологічні дисципліни і медицину.

Актуальність наукових розробок в даній галузі зумовлена тим, що при використанні спектрометру отримуємо інформацію про структуру та функції біологічних середовищ (БС), що базуються на з'ясуванні характеру розсіяння ними випромінювання. Медико-біологічні критерії, вироблені на підставі численних експериментів, та адекватна математична модель поширення оптичного випромінювання в БС є діагностичним базисом для оцінки фізіологічного та функціонального стану тканини або органу, до складу якого входить дане БС.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Існує багато методів визначення оптичних параметрів біотканин. Ці методи можна розділити на два великі класи: прямі і непрямі. Прямі методи мають жорсткі обмеження на властивості використовуваного в експерименті зразка, для того щоб узгодити умови експерименту з припущеннями, зробленими для отримання точного рішення.

Непрямі методи вимірювання. Отримання оптичних параметрів розсіюючих зразків засновано, як правило, на використанні непрямих методів. При цьому параметри розраховуються з вимірюваних величин (наприклад, повного пропускання, відбиття і коліміруванням пропускання) на основі теоретичної моделі поширення світла. В результаті отримані оптичні параметри залежать не тільки від результатів вимірювання, але і від обраної моделі поширення світла в зразку.

Вимірювання з використанням інтегруючої сфери відносяться до непрямих методів визначення оптичних властивостей мутних середовищ. Вимірювання відображення і пропускання зразка за допомогою інтегруючої сфери - широко використовуваний в науці і виробництві метод, відомий з початку XX століття. Свого часу був виконаний цілий ряд досліджень, спрямованих на розробку математичних моделей інтегруючих сфер і методів корекцій вимірюваних величин, що враховують особливості геометрії експерименту. Освітлення зразка коліміруванням пучком випромінювання призводить до менших похибок у визначенні дифузного віддзеркалення зразка, ніж освітлення останнього дифузно падаючим світлом.

ІНТЕГРУЮЧА СФЕРА

Інтегруюча сфера використовується для того, щоб отримати сигнал фотореєструючих пристроїв, пропорційний інтенсивності світла, що пройшло через зразок. У тому випадку, коли інтегруюча сфера не використовується, частина розсіяного випромінювання не потрапляє на майданчик фотоприймача, і дані про оптичні параметри досліджуваного об'єкта виходять невірними. Це відбувається внаслідок того, що конус розсіяного світла може бути більше, ніж кут, в межах якого збирається світло фотоприймачем.

Серед методів визначення оптичних властивостей сильно розсіювальних неоднорідних середовищ, один з найбільш широко використовуваних і точних методів - спектральні вимірювання з використанням інтегруючих сфер. Можуть бути різні конфігурації проведення вимірювань відображення і пропускання зразка. Перш за все, існують два способи освітлення зразка: дифузно і колімірований. Коліміроване освітлення зразка дозволяє точніше визначити оптичні властивості досліджуваної тканини. Однак, в ряді випадків, добитися освітлення зразка колімірованим випромінюванням не вдається, наприклад, при використанні одночасно двох інтегруючих сфер. У цьому випадку необхідний облік проходження світла через зразок при дифузному освітленні.

При проведенні спектральних вимірювань розсіювальних зразків значну роль грає той факт, що отримання однорідного зразка може являти собою непросту задачу. Вплив можливих артефактів, пов'язаних неоднорідностями зразків.

АНАЛІЗ СФЕРИ

При взаємодії колімованого випромінювання оптичного діапазону з біологічним середовищем відбуваються наступні основні процеси: поглинання, відбиття, розсіяння (назад і вперед) та перевипромінювання. Кожен з зазначених процесів несе інформацію про мікро- та макроструктуру цього середовища, а саме про розміри та форму окремих його складових, їх орієнтацію, що характеризуються оптичними параметрами БС (коефіцієнтом поглинання μ_a , розсіяння μ_s , фактором анізотропії розсіяння g та показником заломлення n).

Очевидно, що видозмінений внутрішній склад досліджуваного БС при наявності патологічних процесів у тому або іншому органі або тканині організму спричиняє зміну оптичної здатності БС до поглинання, відбиття, розсіяння та перевипромінювання. І саме чисельні характеристики, що описують кожен з цих процесів, можуть стати порівняльним біометричним базисом, котрий свідчить про стан тканини або органу, зразок якого було досліджено.

Похибки при вимірюваннях неминучі. Так, наприклад, при вимірах з однієї інтегруючої сфери, при дослідженні неоднорідних зразків можуть виникати помилки через те, що відображення і пропускання вимірюються для кількох

різних ділянок зразка. Це відбувається внаслідок того, що, при послідовних вимірах, необхідно змінювати положення зразка щодо сфери: при вимірюванні пропускання зразок поміщається перед входним отвором, для вимірювання відображення - після вихідного отвору. У разі одночасних вимірювань з двома інтегруючими сферами необхідно брати до уваги той факт, що частина світла, яка пройшла через зразок в другу сферу, може повернутися в першу сферу і навпаки. Таким чином, виявляється необхідним урахування взаємодії сфер.

При реєстрації спектрів з використанням однієї інтегруючої сфери необхідно, переміщувати зразок для того, щоб отримати спектри пропускання, відбиття або повного поглинання. Стандартна система включає в себе джерело світла, монохроматор для виділення необхідної спектральної ділянки випромінювання, систему формування профілю монохроматизованого світлового пучка, інтегруючу сферу з вбудованим фотоприймачем і систему реєстрації сигналу.

Як правило, всі складові являють собою єдину конструкцію спектрофотометра, за винятком інтегруючої сфери - вона може бути як вбудованою, так і змінною приставкою. При використанні інтегруючої сфери одним з небажаних ефектів є реєстрація люмінесценції зразка. Так як не існує перешкоди для потрапляння даної люмінесценції всередину сфери, люмінесценція потрапляє на фотоприймач і спотворює дані про поглинання або відображення. При цьому треба враховувати, що, внаслідок того, що просторовий кут збору люмінесценції становить практично 2π , величина її вкладу в реєстрований сигнал може бути дуже великий.

СТВОРЕННЯ СФЕРИ

Дослідження розсіювальних властивостей біологічної тканини напівпровідниковим лазером. Для цього експерименту використовується інтегруюча сфера (надрукована на 3D принтері) з внутрішнім діаметром 190 мм, покрита зсередини білилами.

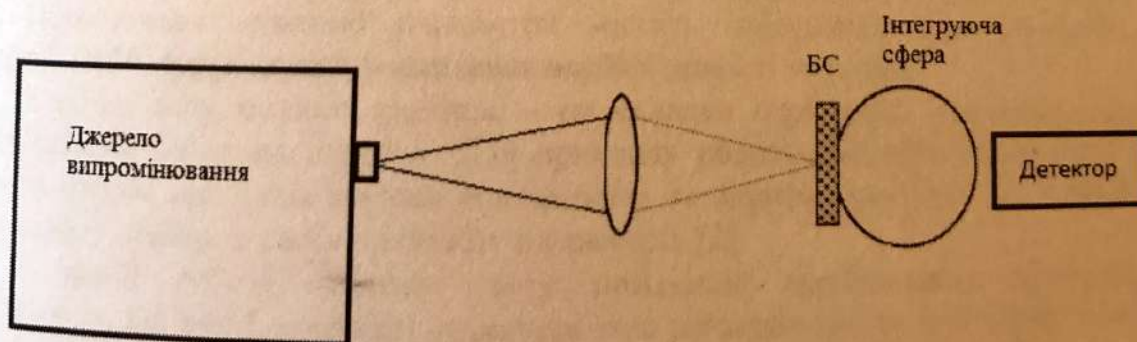


Рисунок 1 - Схема установки для вимірювання дифузного пропускання

Інтегруючою сферою називається порожня всередині сфера досить великого діаметра (звичайний діаметр 6-15 см, високоякісні сфери досягають двох метрів), покрита зсередини речовиною з альбедо (коефіцієнтом дифузного віддзеркалення) близьким до одиниці. Це означає, що внутрішня поверхня



Біомедицинний спектрофотометр

Виконав: Марушевський Богдан

Студент групи ПБ-82МП

Науковий керівник:

к.т.н., Безугла Н.В.

АКТУАЛЬНІСТЬ ДОСЛІДЖЕННЯ

2

Медико-біологічні критерії, вироблені на підставі численних експериментів, та адекватна математична модель поширення оптичного випромінювання в біологічних середовищах (БС) є діагностичним базисом для оцінки фізіологічного та функціонального стану тканини або органу, до складу якого входить дане БС.

Основні ефекти взаємодії світла з тканинами включають відбивання на поверхні матеріалу, заломлення, коли світло потрапляє до структури тканин, яка має інший показник заломлення, поглинання енергії фотонів матеріалом і багаторазове розсіяння фотонів у матеріалі.

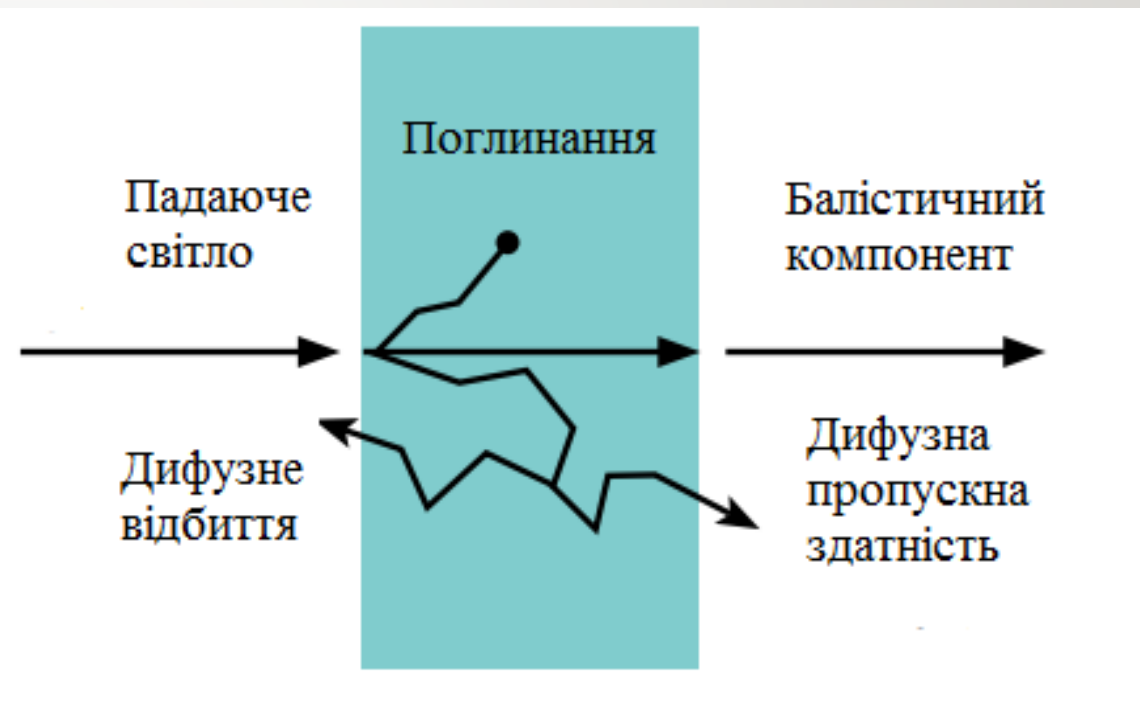


Рис.1 - Базові ефекти взаємодії світла з біологічною тканиною

Метою даної роботи є розробка технологічних засад виготовлення інтегруючої сфери біомедичного спектрофотометру за технологією 3Д друку з АБС-пластику.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні **задачі**:

1. Розглянути основні методи дослідження та аналізу характеру випромінювання біологічними середовищами методами інтегруючої сфери.
2. Проаналізувати методи виготовлення інтегруючої сфери та обрати базовий.
3. Обґрунтувати основні вимоги до виготовлення інтегруючої сфери, на основі яких обрати необхідні технології та матеріали.
4. Розробити методику процесу виготовлення інтегруючої сфери, на основі якої отримати експериментальний зразок.
5. Розробити експериментальну установку.
6. Провести експериментальні дослідження.

Об'єкт дослідження – комп'ютерно-інтегровані технології 3-D друку.

Предмет дослідження – інтегруюча сфера з АБС-пластику.

Методи та засоби – графічні програми, пристрій для 3-D друку, матеріали для ґрунтовки та фарбування, елементи схемотехніки.

Наукова новизна - розроблена технологія виготовлення інтегруючої сфери з АБС пластику за технологією 3Д друку, що дозволила зменшити собівартість біомедичного спектрофотометру.

Практична цінність: Розроблено макет установки спектрофотометру та методику визначення оптичних властивостей випромінювання на пропускання.

Методи визначення оптичних параметрів на основі інтегруючих сфер

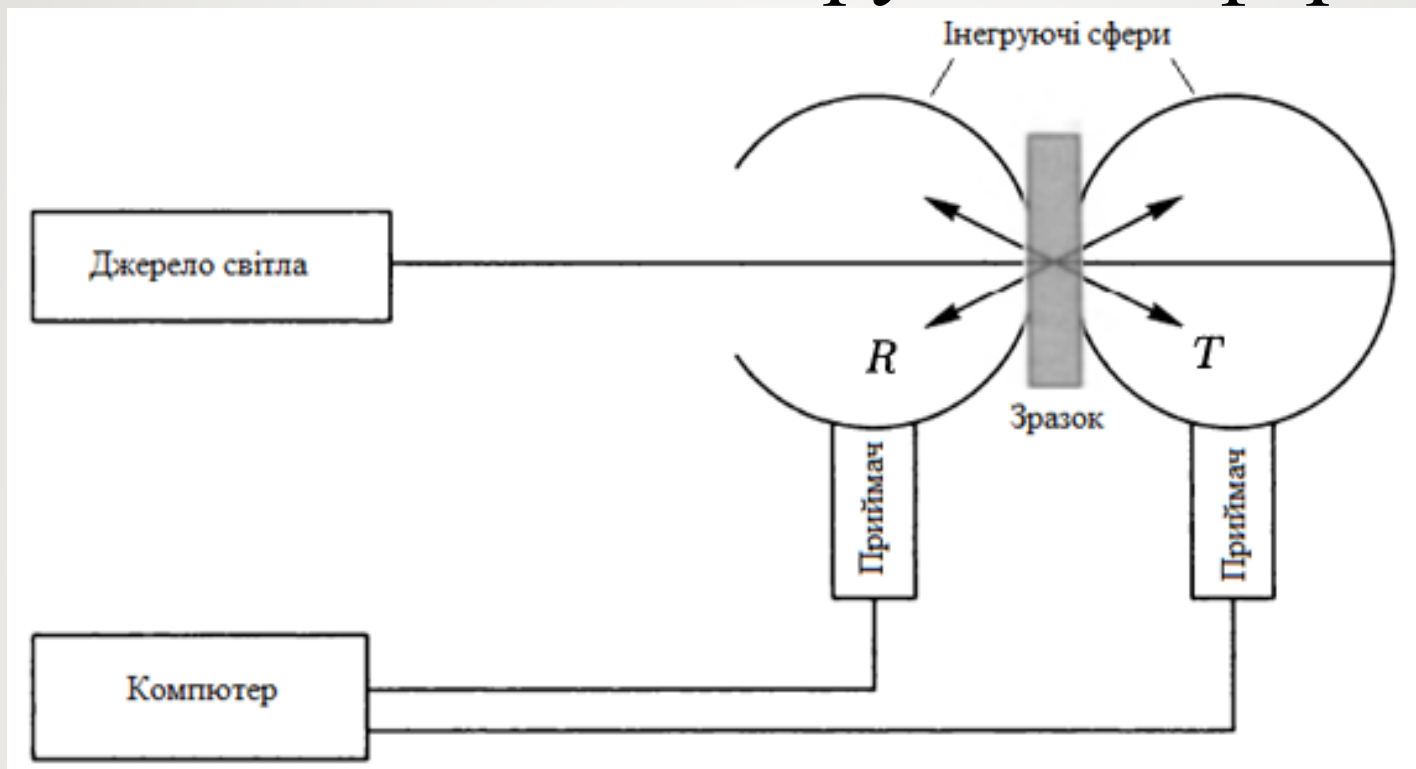


Рис.2 - .Установка з двох сфер:

R – коефіцієнт дифузного відбиття, T – коефіцієнт повного пропускання

Використання однієї інтегруючої сфери

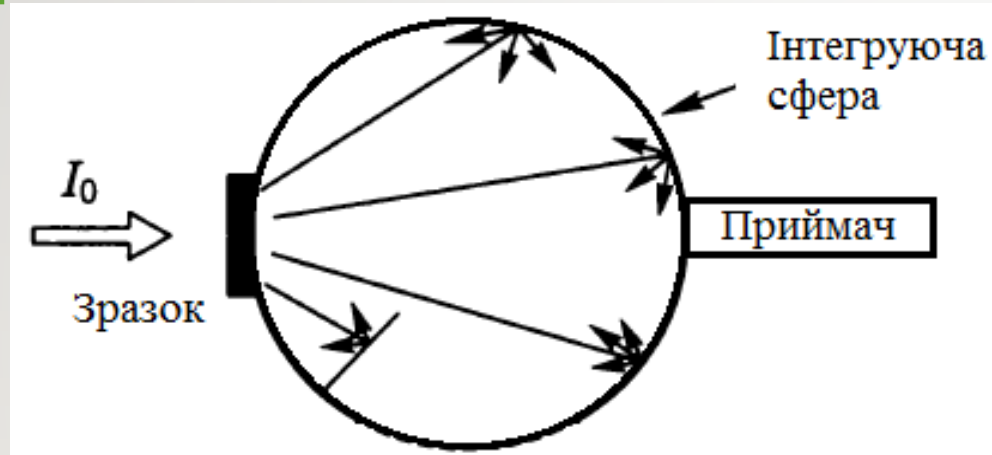


Рис.3 Коефіцієнт повного пропускання

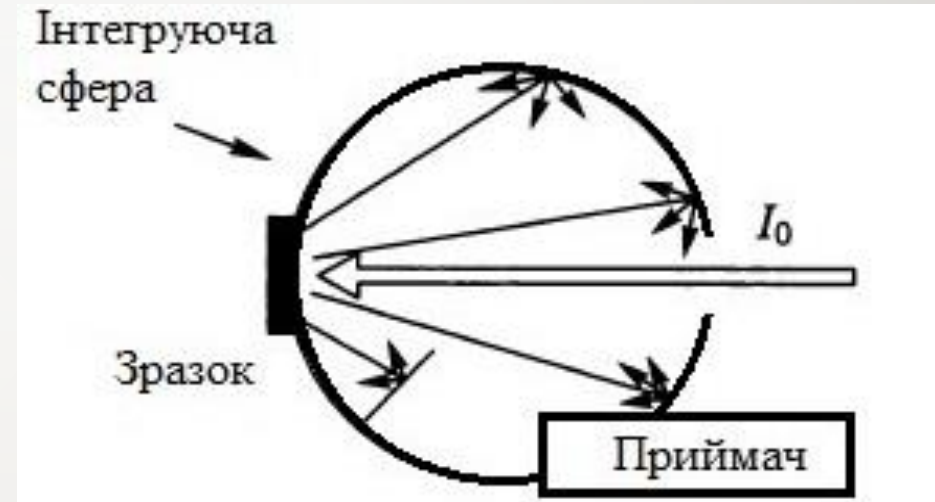
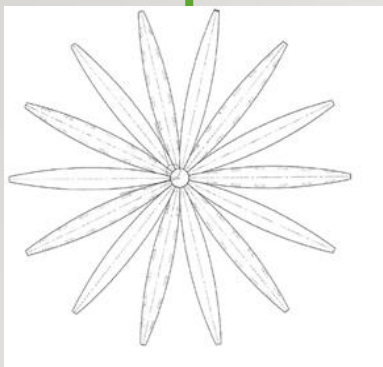
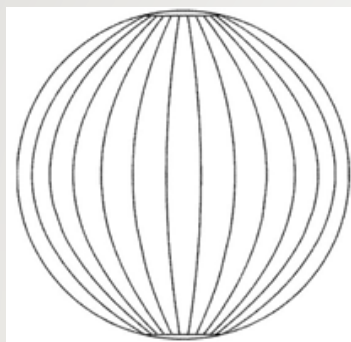


Рис.4 Коефіцієнт дифузного відбиття

Вибір і обґрунтування методики виготовлення сфери



а)



б)

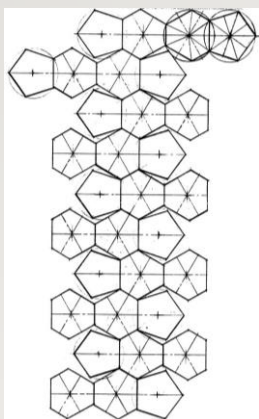
Рис.5 Виготовлення сфери

з металевого листа:

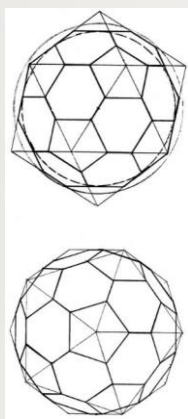
а – заготівка, б – готовий виріб



Рис.6 Сфера пап'є-маше



а)

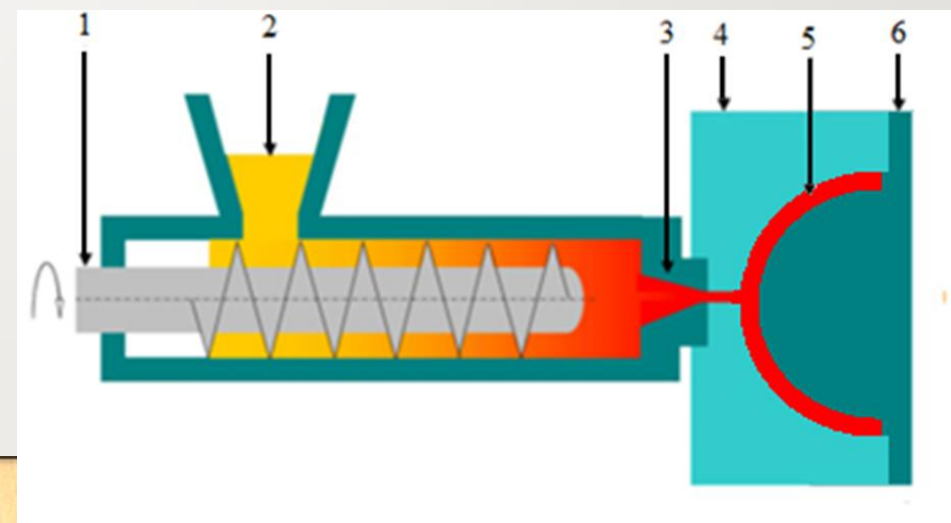


б)

Рис. 7 Виготовлення сфери за допомогою ікосаедра: а-заготовка, б- зібрана сфера

Рис.8. Технологічна схема процесу лиття термопластичних матеріалів:

1-шнек, 2- дозувальний пристрій гранулятор, 3-сопло, 4 і 6- половини прес-форми, 5— порожнина форми з ливниковими каналами.



Розробка структурної схеми спектрофотометру

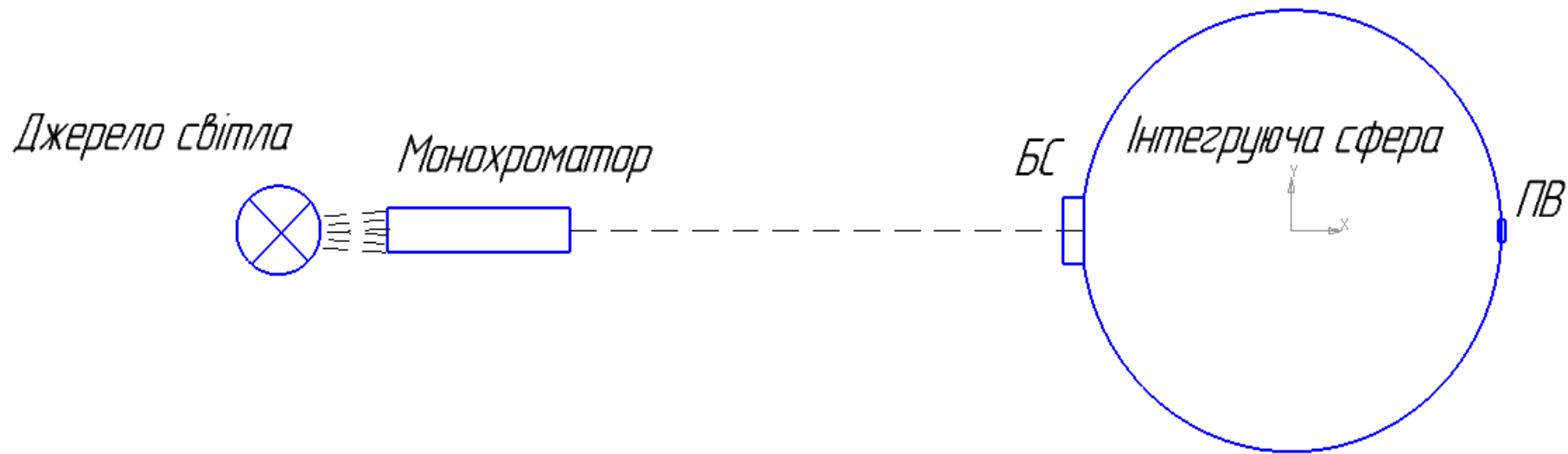


Рис.9. Структурна схема спектрофотометру на основі інтегруючої сфери

Основні вимоги до виготовлення інтегруючої сфери

- Розміри інтегруючої сфери: внутрішній діаметр 190 мм, отвір з діаметром 6 мм для встановлення приймача, паз для зразку з отвором для проходження світла в середину сфери діаметром 16 мм та проектування кріплення в системі спектрофотометру на штифт.
- Поверхня з середини має розсіювати відбите світло.

Моделювання сфери

9

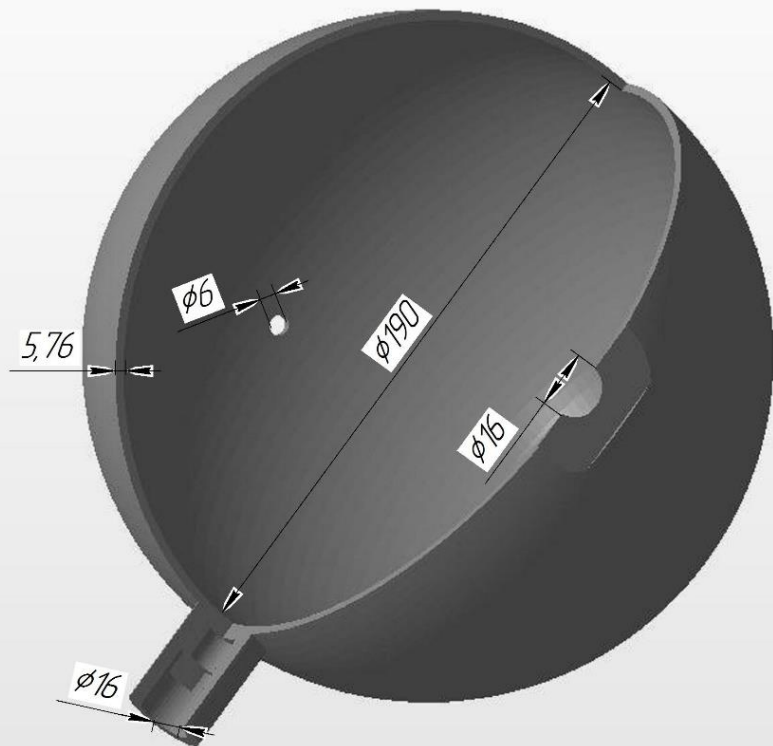


Рис.10 Модель розробленої сфери

Рис.11 Моделювання отворів (з допоміжними розмірами)

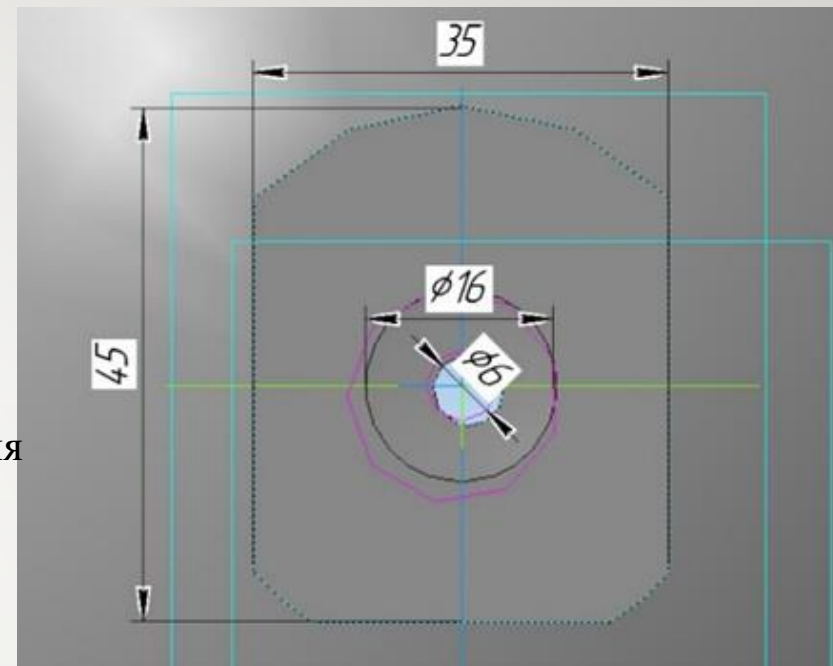
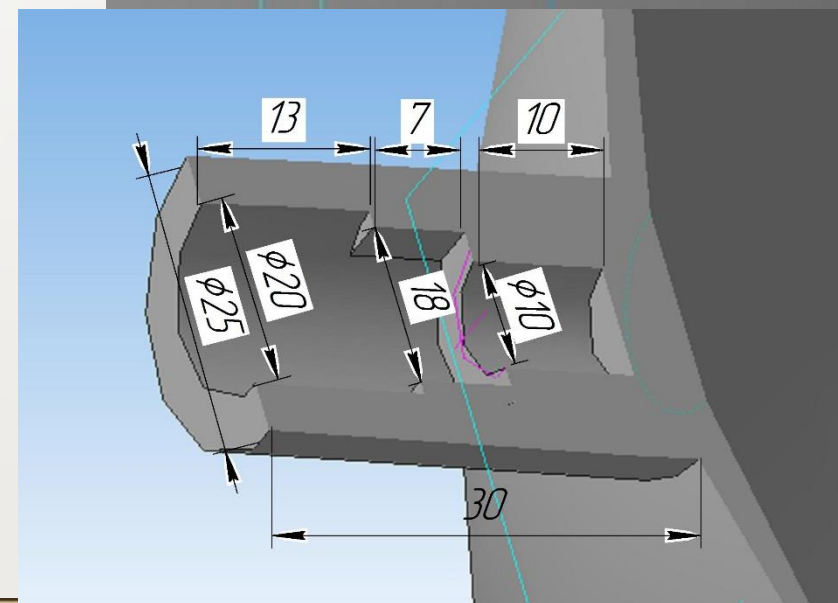


Рис. 12 Паз для установки



3-D друк сфери

10 |

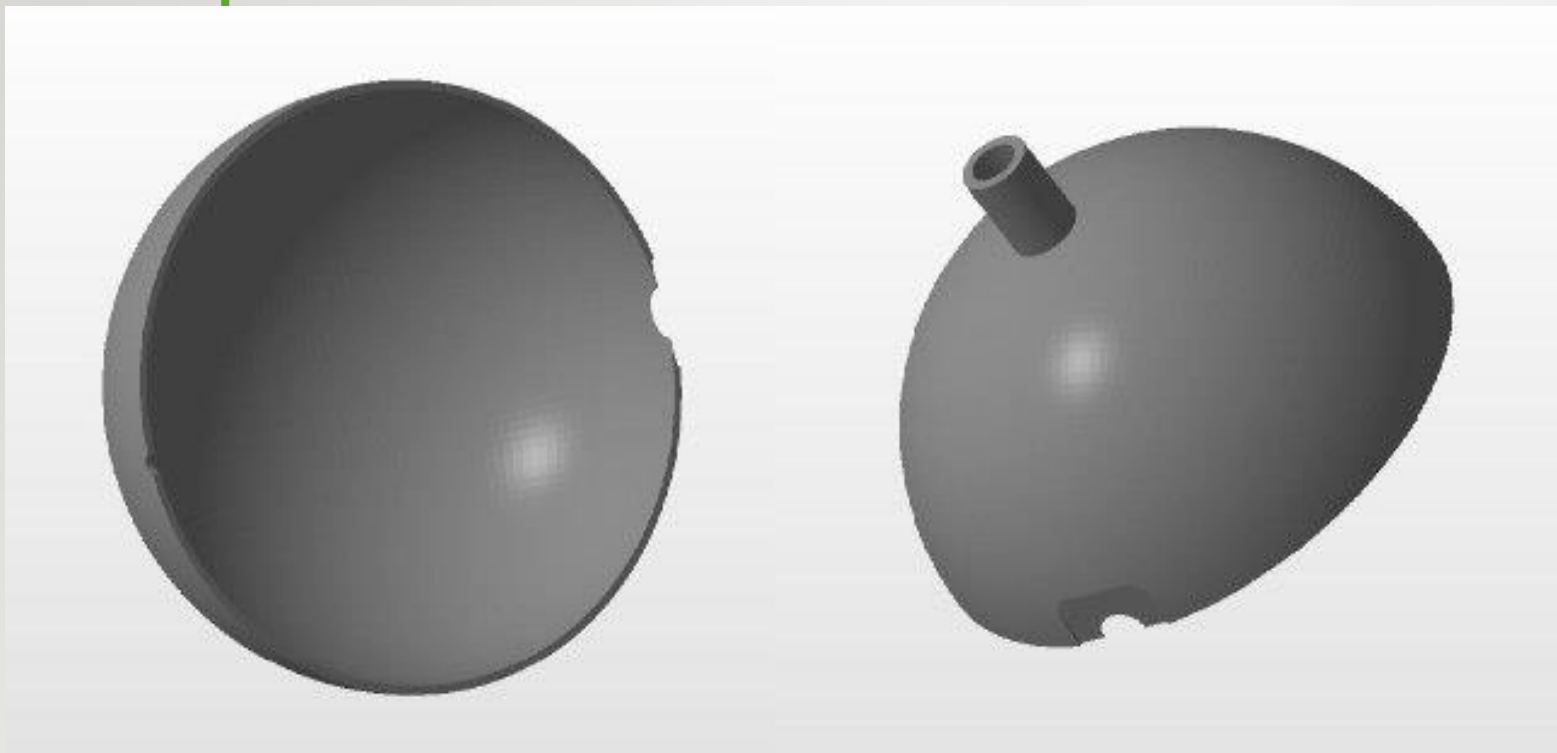
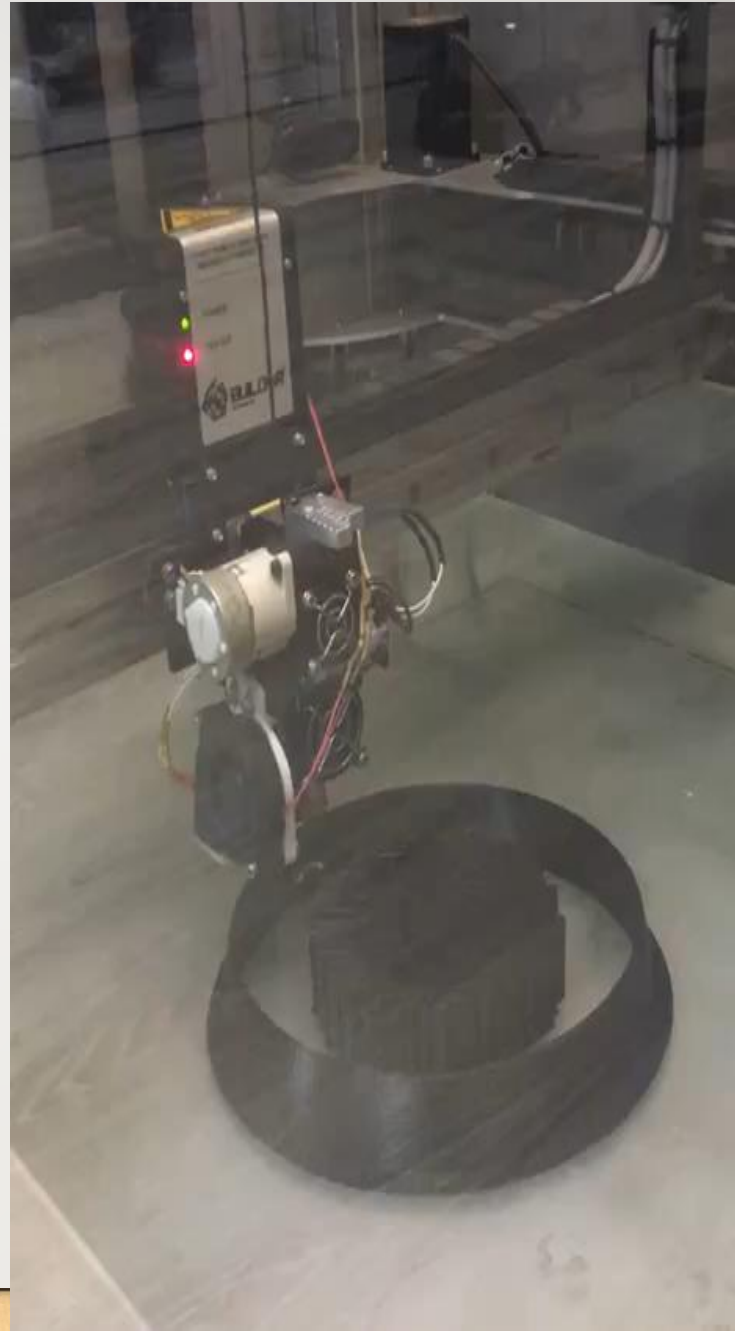


Рис.13 Моделі деталей для друку сфери



Відео.1 Процес друкування сфери

11

Обробка сфери



Заготівка



Готова поверхня для нанесення

покриття



Рис.14 Процес вирівнювання поверхні

12

Нанесення покриття



Рис.15 Сфера з нанесеним покриттям



Відео.2 Процес нанесення покриття

РОЗРОБКА ПРИЙМАЛЬНОГО КАНАЛУ

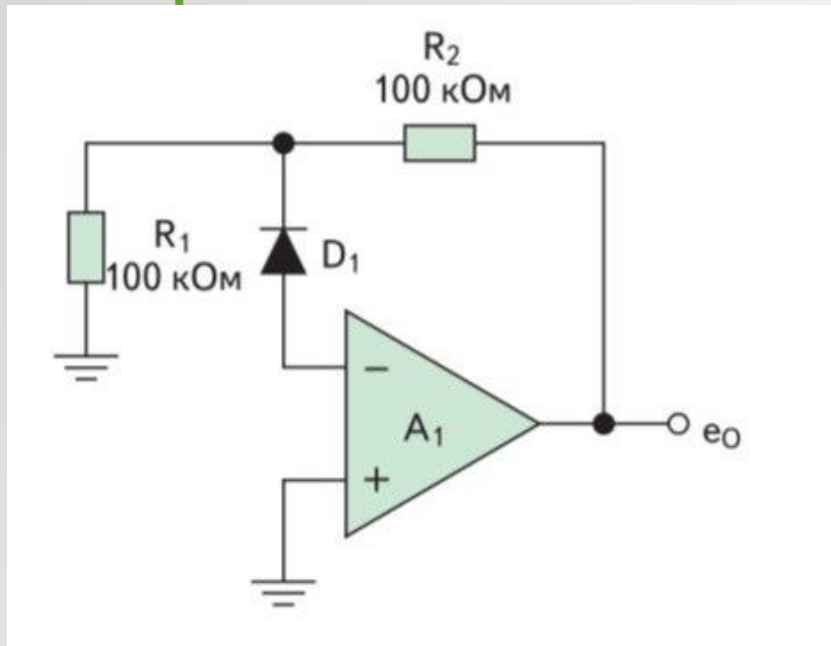


Рис.16 Схема з використанням світлодіодного датчика

Елементи схемотехніки	Найменування	Кількість
Резистор 100 кОм	SR PASSIVES	2
Підсилювач	LM358N	1
Фотодіод	BPW-21	1

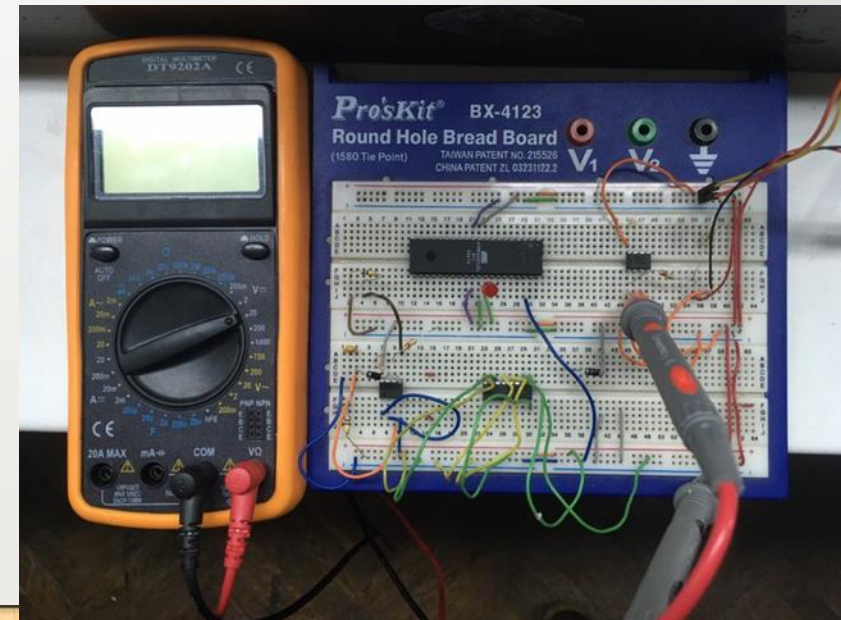


Рис.17 Електрична схема приймального каналу

Встановлення приймача

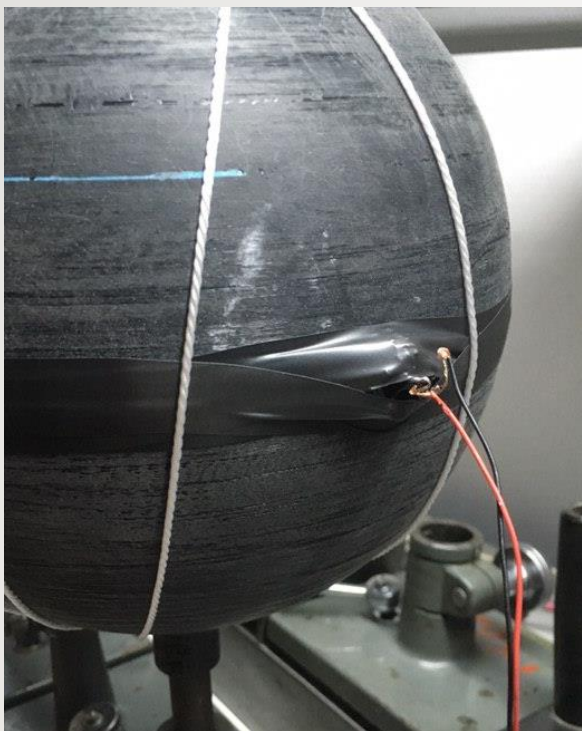


Рис.18 Сфера з
встановленим приймачем

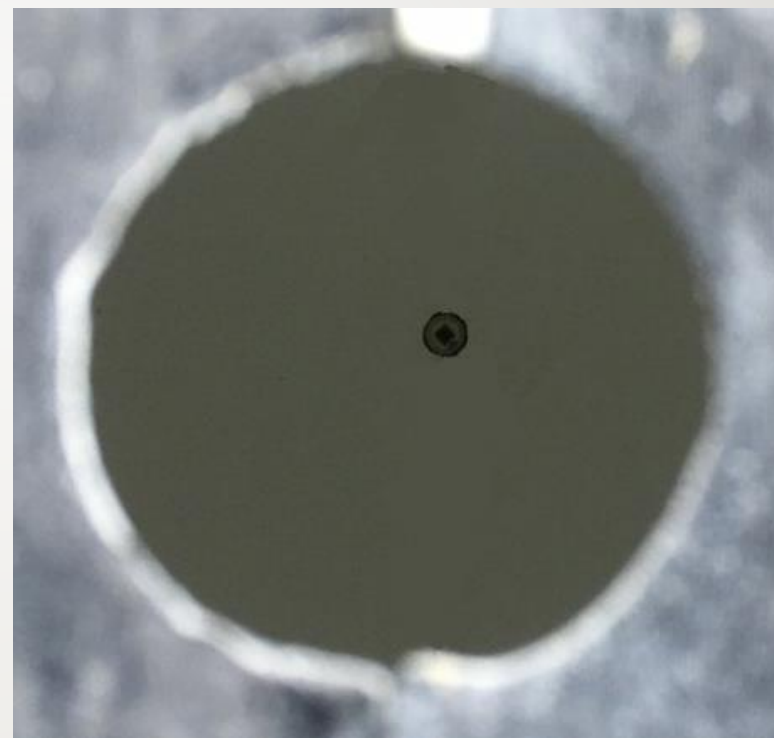


Рис.19 Вид датчика з
середини

15 | Перевірка на працездатність

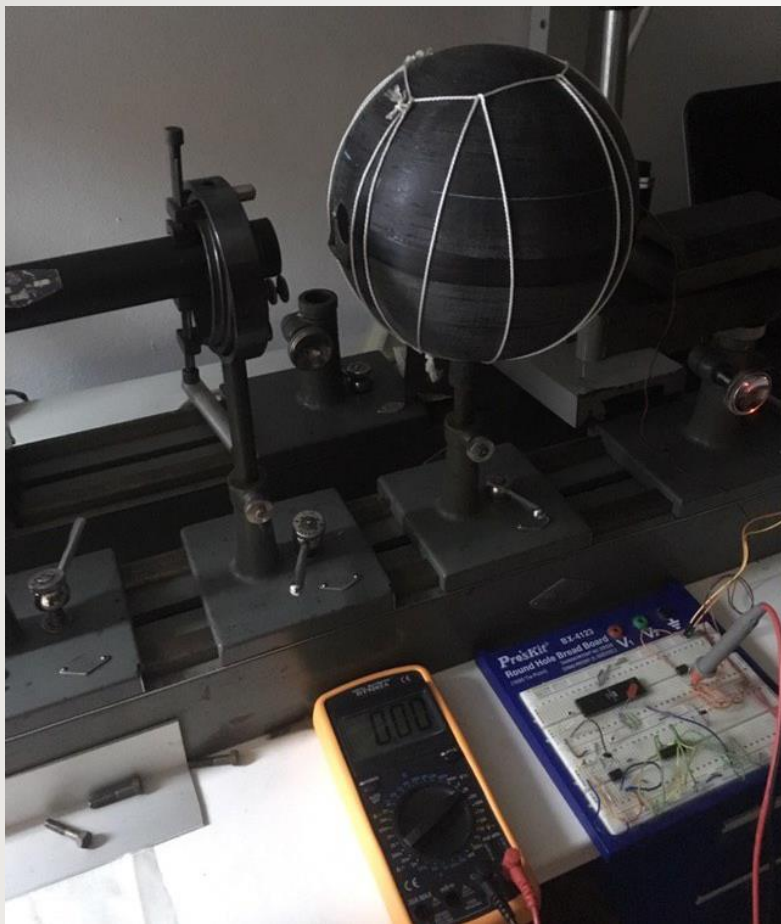


Рис.20 Сфера без потрапляння
світла

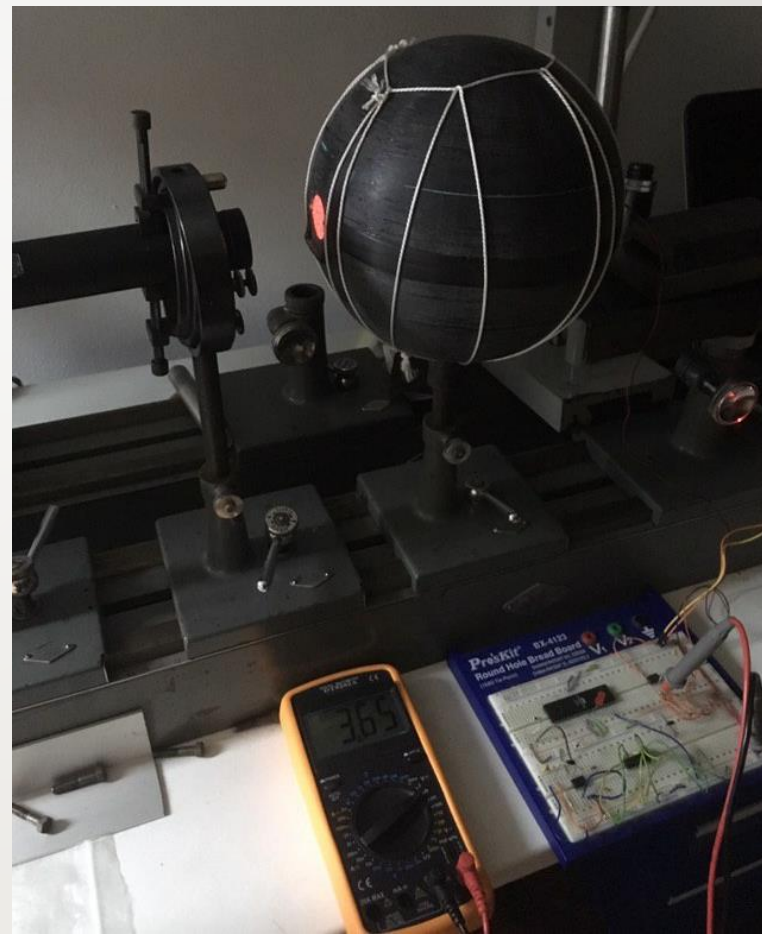


Рис.21 Сфера з показником
внутрішнього освітлення

Експериментальна установка

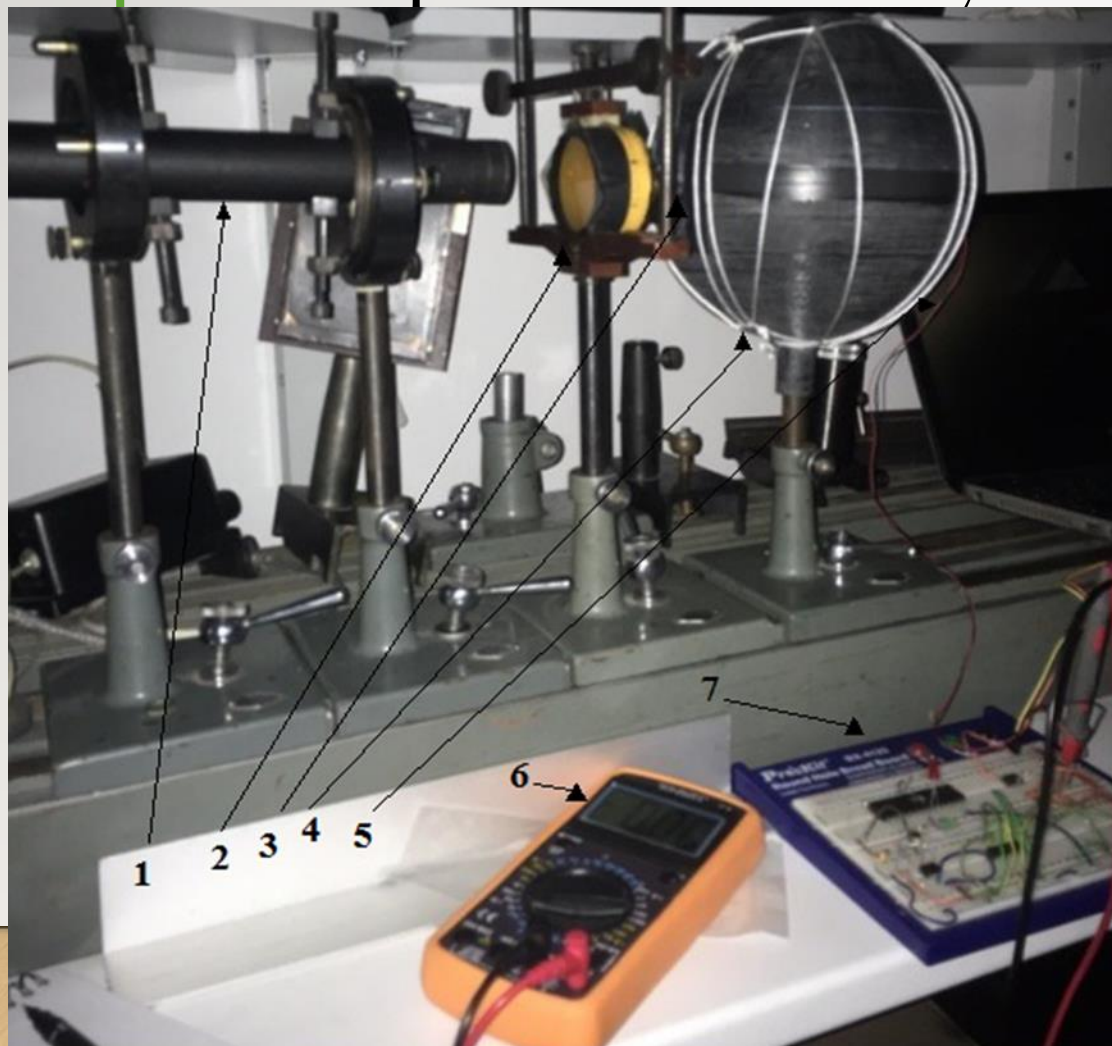


Рис.22 Макет спектрофотометру: 1- джерело світла (лазер), 2- система поляризаторів, 3- паз для встановлення зразка 4- інтегруюча сфера, 5-шнур приймача, 6- вольтметр, 7- схема для визначення освітленості сфери

Методика проведення експерименту



Рис.23 Методика проведення експерименту

Підготовка зразків

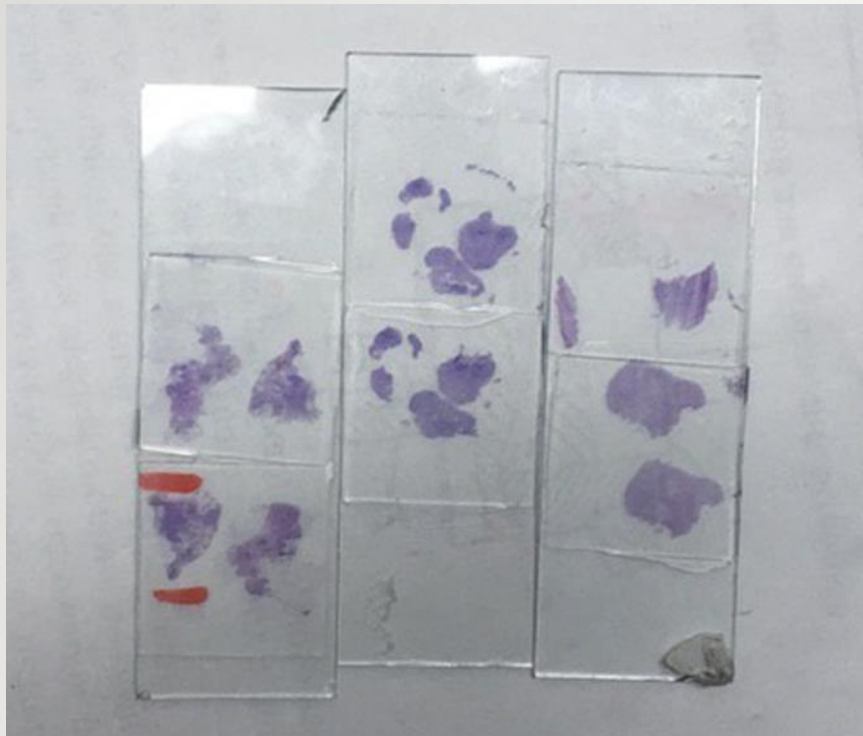


Рис. 24 Загальний вигляд гістологічних зрізів



Рис.25 Загальний вигляд зразків грудних м'язів курки

19 , Обробка та аналіз отриманих результатів



Рис.26. Залежність значень напруги від кута між поляризаторами для гістологічних зрізів тканин молочної залози при проходженні випромінювання довжини хвилі 633 нм



Рис.27. Залежність значень напруги від кута між поляризаторами для гістологічних зрізів тканин молочної залози при проходженні випромінювання довжини хвилі 405 нм

Обробка та аналіз отриманих результатів

20

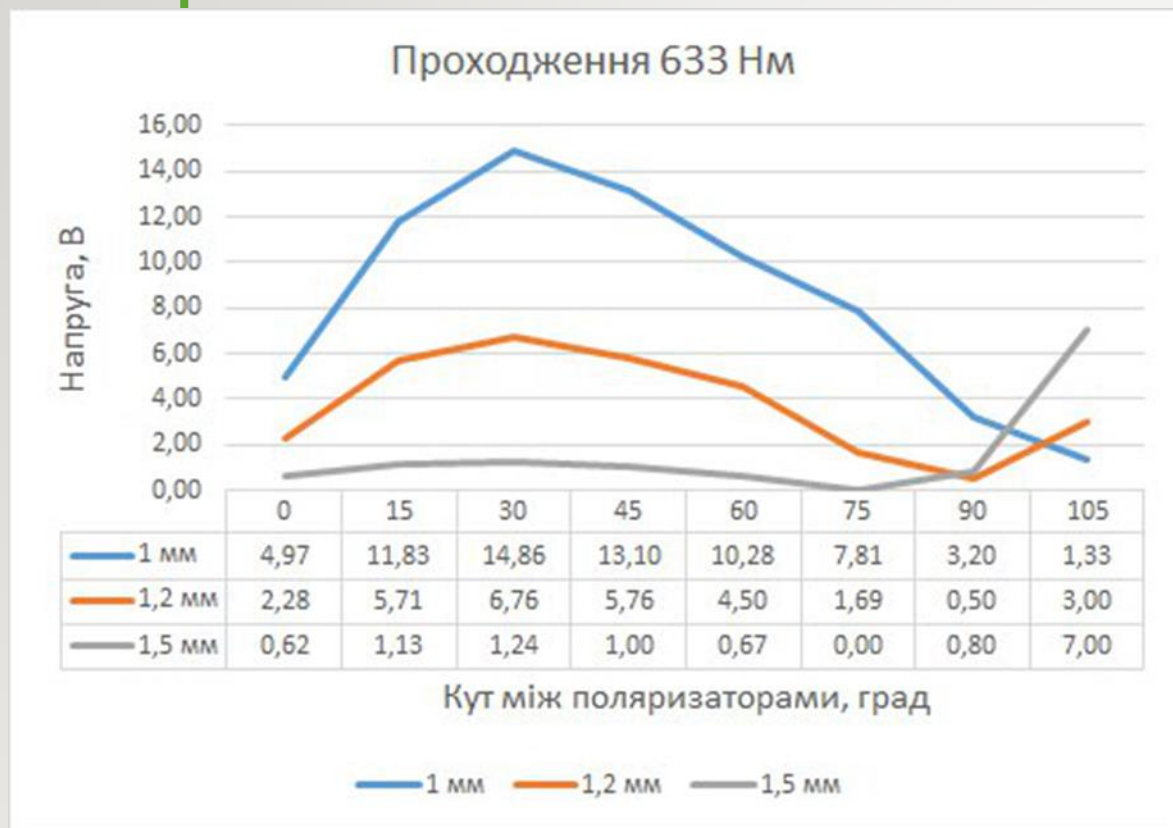


Рис.28. Залежність значень напруги від кута між поляризаторами для грудних м'язів курки різної товщини при проходженні випромінювання довжини хвилі 633 нм



Рис.29. Залежність значень напруги від кута між поляризаторами для грудних м'язів курки різної товщини при проходженні випромінювання довжини хвилі 405 нм

Висновки по роботі

21

1. В даній магістерській дисертації розроблено технологічні засади виготовлення інтегруючої сфери, що є складовою біомедичного спектрофотометру, за технологією 3Д друку, що дають змогу скоротити собівартість приладу майже в три рази.
2. На основі виготовленої інтегруючої сфери та приймального каналу зібрано установку спектрофотометру, що дає змогу визначати падіння напруги, а отже і коефіцієнт пропускання, на фотоприймачі внаслідок поглинання випромінювання біологічним зразком.
3. Інтегруюча сфера розроблена на основі запропонованої методики та висунутих вимог.
4. Аналіз методів виготовлення сферичних поверхонь показав, що найбільш доцільним є 3Д друк.
5. Проведені експериментальні дослідження встановили, що доцільніше проводити дослідження гістологічних зрізів молочної залози на наявність ракових клітин на довжині хвилі 405 нм.



Дякую за увагу!