

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»  
Приладобудівний факультет  
КАФЕДРА ВИРОБНИЦТВА ПРИЛАДІВ

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

  
Михайло БЕЗУГЛИЙ  
«13» 06 2023р.

**Дипломний проєкт**

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерно-інтегровані технології  
виробництва приладів»

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

на тему: «Прилад для комп'ютерно-інтегрованого інтраорального сканування»

Виконав:

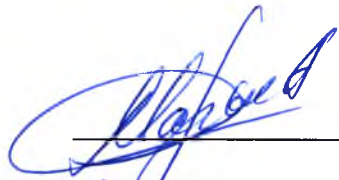
студент IV курсу, групи ПБ-92  
Асінов Євген Сергійович

Керівник:

Асистент, к.т.н.  
Демченко Марія Олександрівна

Рецензент:



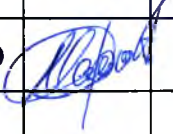

  
Боцек, к.т.н., Кухаренко О.К.

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

Студент 

Київ – 2023 рік

## ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка	
1	A4		Завдання на дипломний проект	2	<i>век.</i>	
2	A4	ДПБ.ПБ92.01.1720.000 ПЗ	Пояснювальна записка	72	<i>век.</i>	
3	A3	ДПБ.ПБ92.01.1720.001 СХ	Класифікація методів дослідження ротової порожнини та зубів	1	<i>век.</i>	
4	A3	ДПБ.ПБ92.01.1720.002 СХ	Загальний вигляд системи інтраорального сканування	1	<i>век.</i>	
5	A3	ДПБ.ПБ92.01.1720.003 СХ	Структурна схема	1	<i>век.</i>	
6	A2	ДПБ.ПБ92.01.1720.004 СхЕ	Електрична схема	1	<i>век.</i>	
7	A2	ДПБ.ПБ92.01.1720.005 СК	Складальне креслення інтраорального сканеру	1	<i>век.</i>	
8	A4	ДПБ.ПБ92.01.1720.005 СП	Специфікація СК	5	<i>век.</i>	
9	A3	ДПБ.ПБ92.01.1720.006 СХ	Схема ступенів складання	1	<i>век.</i>	
10	A3	ДПБ.ПБ92.01.1720.007 СХ	Технологічна схема складання	1	<i>век.</i>	
11	A1	ДПБ.ПБ92.01.1720.000	Деталювання	1	<i>век.</i>	
				<b>ДПБ.ПБ92.01.1720.000 ПЗ</b>		
		ПБ	Підп.	Дата		
Розробник	Асінов Є. С.			Відомість дипломного проекту	Лист	Листів
Керівник	Демченко М.О.				1	72
Консульт.					ПБФ, 4к.	
Н/контр.						
Зав.каф.						

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

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

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

Освітньо-професійна програма «Комп'ютерно-інтегровані технології виробництва приладів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

 Михайло БЕЗУГЛИЙ

« 03 » 03 2023 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проект студенту**

**Асінову Євгену Сергійовичу**

1. Тема роботи «Прилад для комп'ютерно-інтегрованого інтраорального сканування», керівник роботи Демченко Марія Олександрівна, к.т.н., затверджені наказом по університету від «30» травня 2023 р. № 2057-с
2. Термін подання студентом проекту 05.06.2023 р.
3. Вихідні дані до роботи: довжина хвилі – 470 нм; частота - 20 кГц; потужність світла - 120 мВт.
4. Зміст пояснювальної записки: Анотація, Abstract, Вступ, Конструктивна частина: 1. Огляд та аналіз анатомічних особливостей і захворювань ротової порожнини та зубів. 2. Класифікація методів дослідження ротової порожнини та зубів. 3. Огляд оптичного методу сканування ротової порожнини та зубів. 4. Огляд і аналіз засобів інтелектуальної власності. 5. Огляд та аналіз сучасних інтраоральних сканерів. 6. Розробка загального вигляду інтраорального сканеру. 7. Розробка структурної схеми інтраорального сканеру. 8. Розробка електричної схеми. Технологічна частина: 1. Розробка складального кресленника інтраорального сканеру. 2. Аналіз технологічності конструкції інтраорального сканера. 3. Розрахунок технологічності конструкції інтраоральний сканер. 4. Розрахунок точності складання 5. Розробка схеми структурного складу інтраорального сканера. 6. Розробка технологічної схеми складання інтраорального сканера.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (із зазначенням плакатів, презентацій тощо):  
1. Класифікація методів дослідження ротової порожнини та зубів. 2. Загальний вигляд інтраорального сканера 3. Структурна схема інтраорального сканера. 4. Електрична схема. 5. Складальне креслення приладу 6. Схема структурного складу інтраорального сканера. 7. Технологічна схема складання інтраорального сканера. 8. Деталювання.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 3 березня 2023 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проектування	Примітки
1	Огляд та аналіз анатомічних особливостей і захворювань ротової порожнини та зубів.	15.03.2023	
2	Класифікація методів дослідження ротової порожнини та зубів.	27.03.2023	
3	Огляд і аналіз засобів інтелектуальної власності та сучасних інтраоральних сканерів.	13.04.2023	
4	Розробка загального вигляду інтраорального сканера.	20.04.2023	
5	Розробка структурної схеми інтраорального сканера.	25.04.2023	
6	Розробка електричної схеми.	02.05.2023	
7	Розробка складального креслення інтраорального сканера та аналіз технологічності.	10.05.2023	
8	Розрахунок технологічності конструкції інтраоральний сканер та точності складання.	18.05.2023	
9	Розробка схеми структурного складу, технологічної схеми складання.	25.05.2023	
10	Оформлення пояснювальної записки та креслень.	02.06.2023	
11	Подача дипломного проекту до захисту.	05.06.2023	

Студент  
 Керівник



Євген АСІНОВ  
 Марія ДЕМЧЕНКО

**Пояснювальна записка**

**до дипломного проекту**

**На тему « Прилад для комп'ютерно-інтегрованого інтраорального сканування»**

**Київ – 2023 року**

## Анотація

Даний проект присвячений розробці приладу для комп'ютерно-інтегрованого інтраорального сканування. В роботі розглянуто системи інтраорального сканування і методи дослідження ротової порожнини та зубів людини, що допомогло обрати швидкий та точний метод сканування для подальшої реалізації його в приладі.

Дипломний проект складається з двох розділів: конструктивного та технологічного. Проект містить 72 сторінки, в яких є 39 рисунків, 8 таблиць, 11 формул, 1 додаток, 27 літературних джерел.

Даний дипломний проект містить два розділи: конструкторський та технологічний.

В конструктивному розділі розкрито огляд та аналіз анатомічних особливостей і захворювань ротової порожнини та зубів, методи дослідження, з яких було обрано метод оптичного сканування. Він має різні технології отримання 3-D зображень ротової порожнини, але подальшого приладу обрано технологію триангуляції з стереобаченням, використовуючи дві камери та два датчика зчитування світлового потоку та перетворення його в 3-D модель за допомогою програмного забезпечення. Також розроблено загальний вигляд та структурну схему системи інтраорального сканування з описом принципу його роботи. Розділ також включає в себе принципову схему електричної частини інтраорального сканеру.

В технологічному розділі наведено розробка складального кресленника інтраорального сканеру, аналізу і розрахунків технологічності конструкції та точності, а також розробка схеми структурного складу та технологічної схеми складання з їх детальним описом.

## **Abstract**

This project is devoted to the development of a device for computer-integrated intraoral scanning. The work examines intraoral scanning systems and methods for examining the human oral cavity and teeth, which helped to choose a fast and accurate scanning method for further implementation in the device.

The diploma project consists of two sections: design and technological. The project consists of 72 pages, which include 39 figures, 8 tables, 11 formulas, 1 appendix, and 27 references.

This diploma project contains two sections: design and technological.

The design section describes the overview and analysis of anatomical features and diseases of the oral cavity and teeth, research methods, of which the optical scanning method was chosen. It has various technologies for obtaining 3-D images of the oral cavity, but the triangulation technology with stereo vision was chosen for the further device, using two cameras and two sensors to read the light flux and convert it into a 3-D model using software. The general view and block diagram of the intraoral scanning system with a description of its operation principle are also developed. The section also includes a schematic diagram of the electrical part of the intraoral scanner.

The technological section presents the development of the assembly drawing of the intraoral scanner, analysis and calculations of the design manufacturability and accuracy, as well as the development of the structural composition and technological assembly scheme with their detailed description.

## Зміст

Вступ.....	9
1. КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА.....	10
1.1 Огляд та аналіз анатомічних особливостей і захворювань ротової порожнини та зубів.....	11
1.1.1 Структура та функції ротової порожнини та зубів.....	11
1.1.2 Фактори, що впливають на стан зубів та ясен.....	17
1.2 Різноманітність захворювань ротової порожнини та зубів.....	19
1.3 Класифікація методів дослідження ротової порожнини та зубів.....	22
1.4 Огляд оптичного методу сканування ротової порожнини та зубів.....	31
1.5 Огляд і аналіз засобів інтелектуальної власності.....	35
1.6 Огляд та аналіз сучасних інтраорального сканування.....	43
1.7 Розробка загального вигляду інтраорального сканеру.....	47
1.8 Розробка структурної схеми інтраорального сканеру.....	51
1.9 Розробка електричної схеми.....	52
2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	57
2.1 Розробка складального кресленика інтраорального сканеру.....	58
2.2 Аналіз технологічності конструкції інтраорального сканера.....	59
2.3 Розрахунок технологічності конструкції інтраоральний сканер.....	60
2.4 Розрахунок точності складання.....	64
2.5 Розробка схеми структурного складу інтраорального сканера.....	65
2.6 Розробка технологічної схеми складання інтраорального сканера.....	66
Висновок.....	69
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	70
ДОДАТКИ.....	73

## Вступ

У сучасному стоматологічному світі технології швидко розвиваються, забезпечуючи нові можливості для точної діагностики та ефективного лікування. Одним з найбільш інноваційних та перспективних пристроїв у сучасній стоматології є інтраоральний сканер. Ця технологія здобуває все більшу популярність завдяки безліч переваг.

Інтраоральний сканер - це пристрій, що використовується для отримання високоточного тривимірного зображення внутрішньої порожнини рота та структури зубів. Замінюючи традиційні методи відбиткового знімку, цей сканер дозволяє стоматологам швидко отримувати точні цифрові 3-D моделі зубів та щелеп.

Завдяки інтраоральному сканеру, стоматолог може отримати детальне зображення ротової порожнини в режимі реального часу. Це дозволяє виявляти навіть найменші пошкодження, карієс, аномалії прикусу, а також визначати оптимальний розмір та форму пломб і коронок. Точні цифрові дані, отримані за допомогою сканера, також можуть використовуватися для виготовлення керамічних реставрацій, шинування, ортодонтичних апаратів та інших зубних протезів без необхідності використання традиційних відбитків та лабораторних робіт.

Існує кілька технологій сканування, однак для цього конкретного проекту обрано метод тріангуляції з використанням стереозору. Цей метод базується на використанні двох або більше камер, розташованих в різних положеннях, для отримання стереобачення. З використанням алгоритмів стереозору та комп'ютерного зору сканер визначає глибину і просторове розташування точок на зображенні, що дозволяє створити тривимірну модель порожнини рота.

# **1. КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА**

## 1.1 Огляд та аналіз анатомічних особливостей і захворювань ротової порожнини та зубів

### 1.1.1 Структура та функції ротової порожнини та зубів

Видимі частини ротової порожнини включають губи, внутрішню частину щік, зуби та ясна, тверде та м'яке піднебіння, дно рота та язик (рис. 1.1). М'язи, нерви, судини, залози, суглоби, особливо верхньощелепна та нижньощелепна кістки, є невидимими, але дуже важливими, забезпечуючи підтримку та функціонуючи разом з видимими компонентами. Ротова порожнина починається в місці з'єднання губного краю губи зі слизовою оболонкою, що вистилає внутрішню частину губи, і тягнеться назад до піднебінної складки або дужки. За піднебінно-глотковими складками розташовані піднебінно-глоткові складки і початок ротоглотки, де з'єднуються травний і дихальний тракти. Піднебінні мигдалики розташовані в отворах мигдаликів між піднебінними складками. Лімфоїдна тканина піднебінних, глоткових (аденоїдів) і мовних мигдаликів захищає вхід у ротоглотку. [1]



Рис. 1.1 Схема, що ілюструє анатомію та основні структури ротової порожнини. [2]

Щоки і губи відокремлені від альвеолярних відростків нижньої і верхньої щелепи, які утримують і підтримують зуби, простором, званим передоднем. Задня частина передодня обмежена комірковими відростками нижньої щелепи, а знизу і зверху обмежена слизово-губних і слизово-щелепних складок. Вестибулярна слизова оболонка зрощена зі слизовою оболонкою губи і щоки, а також слизовою оболонкою, що покриває альвеолярний відросток (рис. 1.2). Кровоносні судини, видимі крізь

тонкий незроговілий епітелій слизової оболонки альвеол, вони червоніші, ніж ясна, які мають більш товстий ороговілий епітелій. [1]

Складка слизової оболонки в області ікла по середній лінії проходить через верхівку і з'єднує губи та щоки з верхньою та нижньою щелепами. Слинний секрет привушної залози потрапляє в привушну залозу через вивідну протоку, яка відкривається біля привушної залози в слизовій оболонці щічної ділянки навпроти других молярів верхньої щелепи. [1]

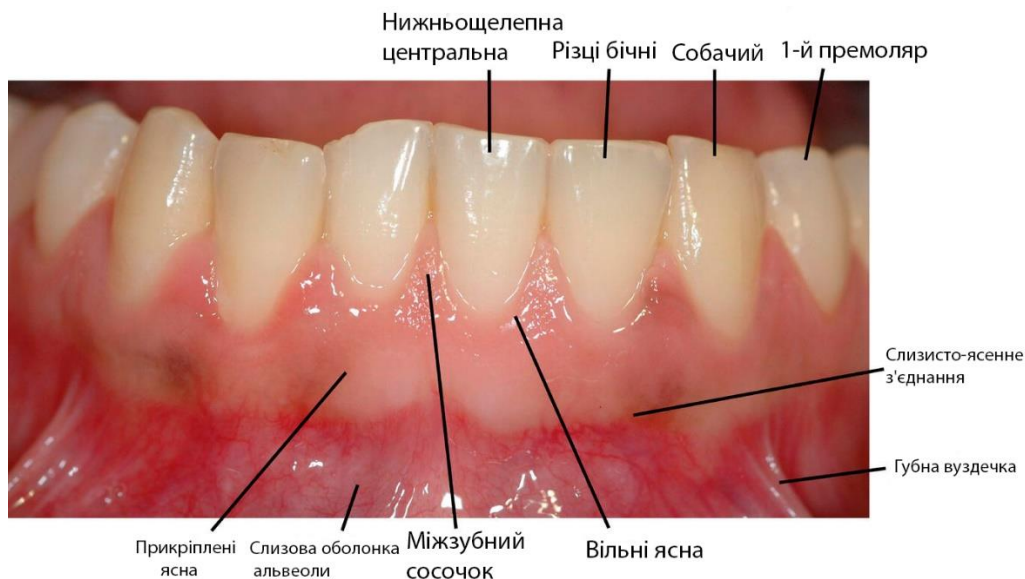


Рис. 1.2 Слизова оболонка порожнини рота, ясна та зуби нижньої щелепи. [1]

Слизова оболонка, яка оточує шийку зуба або частину шийки зуба, називається яснами. Прикріплені ясна чітко відділяються від слизової оболонки альвеолярного відростка в ділянці слизово-ясенного з'єднання. Прикріплені ясна міцно прикріплені до альвеолярного відростка, і це з'єднання прикріплюється до кожного зуба через епітелій, утворюючи ущільнення навколо зуба. Вільна ясна відокремлені від зуба ясенною складкою або ясенною щілиною, яка утворює міжзубний сосочок між сусідніми зубами. [1]

Язик займає простір у межах нижньощелепної та верхньощелепної дуг від дна порожнини рота до твердого та м'якого піднебіння. Внутрішній шар на задній частині язика містить різні типи спеціалізованих структур, які називаються сосочками, які використовуються для маніпулювання їжею та сприйняття смаку. Передня частина язика прикріплюється до дна порожнини рота за допомогою вуздечки язика. [1]

Слизова оболонка порожнини рота, яка являє собою вологу оболонку м'яких тканин. Слизова оболонка рота складається з трьох шарів: поверхневий епітелій; власна пластинка слизової оболонки, що складається з шару пухкої сполучної тканини (папілярного шару), розташованого безпосередньо під епітелієм, і глибшого шару нерегулярної та щільної сполучної тканини (сітчастого шару), і підслизова основа складається з щільної нерегулярної сполучної тканини (рис. 1.3). Підслизова оболонка часто містить невеликі слинні залози та іноді може мати жирову тканину. У деяких ділянках ротової порожнини підслизова оболонка може бути відсутня, і слизова оболонка може бути з'єднана з кістковою або м'язовою тканиною власною пластинкою. Підслизова оболонка присутня не у всіх ділянках ротової порожнини. [1]

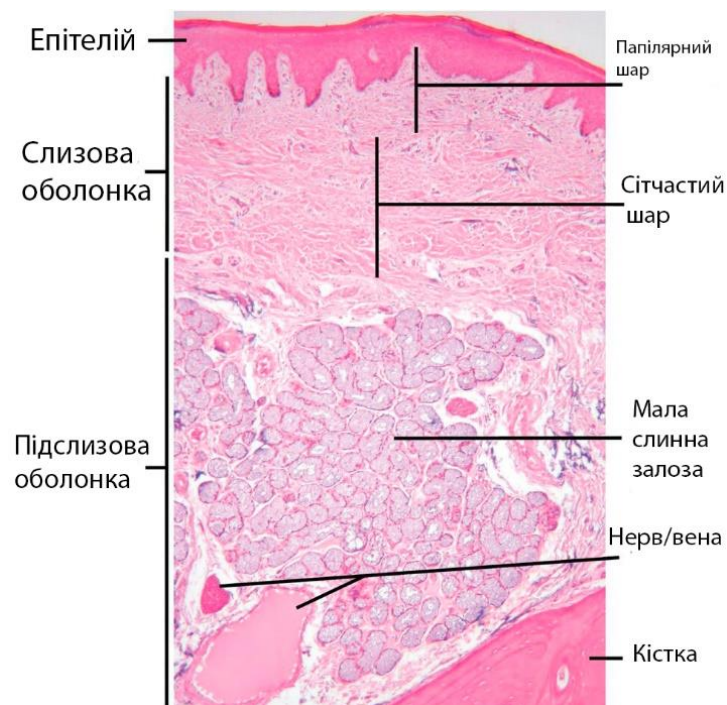


Рис. 1.3 Світлова мікрофотографія, що показує шари та компоненти слизової оболонки порожнини рота. [1]

У ротовій порожнині розрізняють три види слизових оболонок. Перший тип відомий як рухлива слизова оболонка і характеризується багат шаровим незроговілим плоским епітелієм. Він знаходиться на внутрішній стороні губ і щік, скронях, дні ротової порожнини, а також на альвеолярних відростках, вентральній поверхні язика і м'якому піднебінні.

Другий тип — це так звана жувальна слизова оболонка, яка має багатошаровий, ороговілий або паракератотичний плоский епітелій. Це відбувається на поверхнях, які піддаються навантаженню під час жування їжі, таких як тверде піднебіння та ясна. Третій тип – це особлива слизова оболонка, розташована на нижній стороні язика. Ця оболонка містить чотири різні типи сосочків і тому вважається спеціалізованою оболонкою. Три з цих типів сосочків мають смакові бруньки, які визначають відчуття смаку. Грибоподібні сосочки покривають передню частину язика, а медіальний огинаючий і бічні часткові сосочки знаходяться далеко позаду основи язика(рис. 1.4). Слизіві оболонки, що вистилають стінки цих сосочків, містять смакові рецептори. Протоки малих слинних залоз (залози Ебнера) відкриваються в борозенки і вимивають з цих ділянок речовини разом із секретом. [1]

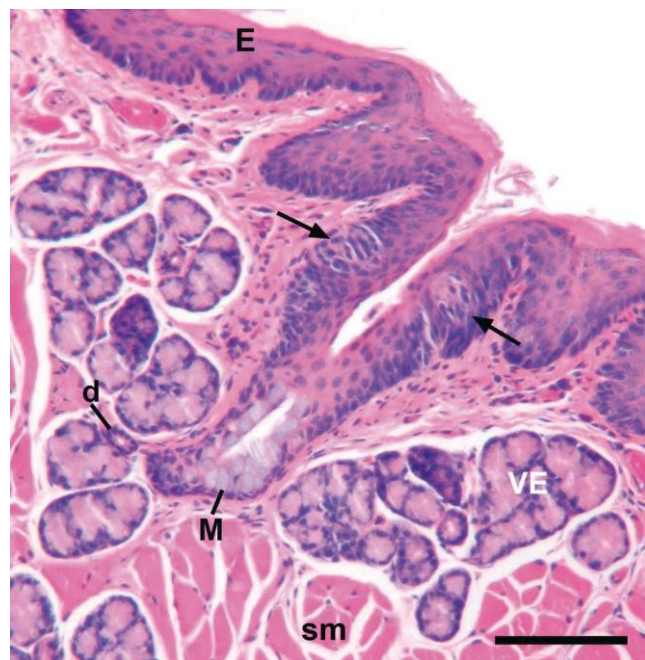


Рис. 1.4 Світлова мікрофотографія зрізу через сосочковий жолобок язика хом'яка (масштабна лінійка = 100 мкм ) [1]:

—→ - смакові рецептори в епітеліальній вистилці жолобка; М - слизові клітини яка відкривається в жолобок; VE - вивідні протоки залози фон Ебнера; d - мала протока з часточки залози; sm - скелетний м'яз; E - багатошаровий плоский зроговілий епітелій.

Слизова оболонка ротової порожнини виконує кілька функцій. Вони захищають від фізичних і хімічних впливів і діють як проникні бар'єри для запобігання

проникненню мікроорганізмів і токсичних речовин. Змащує та зволожує поверхню ротової порожнини. [1]

Зуби є однією з найбільш складних і унікальних структур в організмі. Зуби розраховані на все життя, але можуть швидко пошкодитися або втратитися без належного догляду. Зуби складаються з трьох твердих тканин: дентину, цементу та емалі, які підтримуються четвертою твердою тканиною – кісткою (рис. 1.5). Дентин є основною тканиною зуба, він підтримує емаль, що покриває коронку, і утворює корінь зуба. Лінія між зубами та яснами – це єдине місце в тілі, де стикаються тверді та м'які тканини. У цій конкретній анатомічній ділянці можуть виникнути серйозні проблеми, що призводять до пошкодження опорної тканини зуба (пародонту) і призводять до втрати всього зуба. [1]



Рис. 1.5 Схема, що ілюструє будову зуба та його опорних тканин [3]

Людина має два ряди зубів: молочні та постійні зуби. Молочні зуби - це перші зуби, які формуються в роті приблизно у 6 місяців. Молочних зубів 20, 10 на верхній щелепі і 10 на нижній щелепі, розташовані дугою. З кожного боку (квадрант) зубної дуги кожної щелепи розташовані центральні різці, бічні різці, ікла (або кутні зуби), а також перші та другі моляри. Постійні зуби, що виростають з 6 по 7, називаються

задніми. Тривалість життя молочних зубів розвивається по відношенню до молочних зубів. Постійні моляри, або додаткові зуби, не мають первинних попередників і розвиваються позаду других корінних зубів. Всього 32 постійних зуба, по 8 у кожному квадранті. Це включає в себе центральні різці, бічні різці, ікла, перші і другі премоляри, перші, другі і треті моляри. (рис. 1.2). [1]

Зуб складається з коронки з пульповою камерою та одного або кількох коренів з пульповим каналом (рис. 1.5). Анатомічна коронка покрита емаллю, найтвердішою з відомих біологічних речовин. Клінічна коронка - це частина коронки, яка знаходиться всередині ротової порожнини. Оклюзійні поверхні (верхній або ріжучий поверхні) премолярів і молярів мають один або кілька горбків і гребенів, розділених борозенками і борознами. Ріжучі поверхні різців більш плоскі і тонкі, а ікла більш загострені. Ці зуби виконують функцію кусання і розривання. Щічні поверхні коронок премолярів і молярів бувають щічними або лицевими (рис. 1.6).

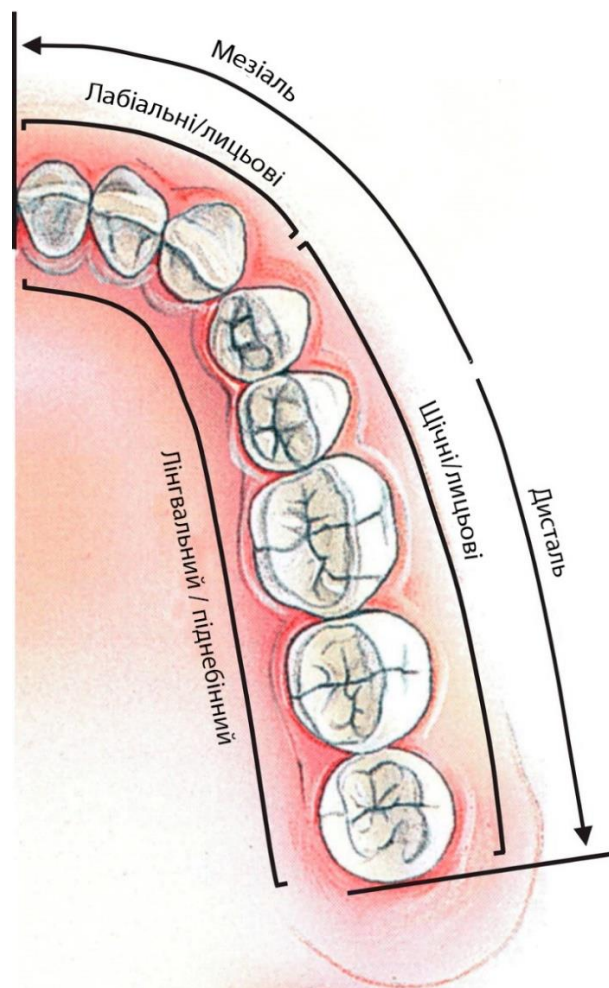


Рис. 1.6 Поверхні та напрямки зубів у ротовій порожнині. [1]

Поверхня коронок різців і іклів, звернена до губ, є губною або лицевою. Поверхня зуба верхньої щелепи, звернені до піднебіння, є піднебінними поверхнями. Зубна поверхня нижньої щелепи, що прилягає до язика, є язиковими поверхнями. Поверхня кожного дугового зуба, яка звернена до сусіднього зуба, є проксимальною поверхнею. Проксимальні поверхні премолярів і молярів, які звернені до задньої частини ротової порожнини, є дистальними поверхнями. Передня поверхня ротової порожнини - мезіальна (до серединної лінії) поверхня. Це ж правило стосується різців та іклів. Дистальний – біля корінних зубів, до зубів біля зубної дуги. Мезіально - до серединної лінії. [1]

### **1.1.2 Фактори, що впливають на стан зубів та ясен**

Здоров'я зубів та ясен є важливими аспектами загального здоров'я людини. Зуби важливі не лише для подрібнення їжі, а й для мови та естетики. Ясна підтримують і захищають зуби. Однак стан зубів та ясен може значно погіршуватися різними факторами. Розуміння цих факторів, їхнього впливу та того, як їх уникнути, має вирішальне значення для підтримки здоров'я порожнини рота.

Основними факторами, які впливають на здоров'я зубів і ясен, є харчування, куріння, гігієна ротової порожнини, генетична схильність та вживання алкоголю. Розуміння цих факторів та їхніх взаємозв'язків може допомогти розробити ефективні стратегії профілактики та лікування захворювань ротової порожнини. Дослідження в цій галузі важливі для покращення здоров'я населення та підтримки оптимальної функції порожнини рота.

По-перше, одним із найважливіших факторів є гігієна порожнини рота. Погана або неправильна гігієна порожнини рота, включаючи неправильну техніку чищення зубів і недостатню частоту та тривалість, може призвести до накопичення нальоту та бактерій у роті, що може призвести до карієсу та захворювань ясен. Вживання їжі, яка шкодить зубам, є поширеною проблемою сучасного світу. Дієта дуже важлива для здоров'я зубів, а деякі продукти можуть сприяти пошкодженню зубної емалі та розвитку захворювань ротової порожнини.

Цукор є основним джерелом їжі для бактерій у роті. Коли ці бактерії розщеплюють цукор, вони виділяють кислоти, які можуть пошкодити зубну емаль і викликати карієс. Окрім цукру, є деякі продукти, які можуть негативно вплинути на здоров'я порожнини рота. Ці продукти можуть вас здивувати, оскільки більшість із нас асоціюють їх зі здоровим харчуванням. Важко визнати, що будь-що здорове може загрожувати здоров'ю порожнини рота. [4]

Частий вплив різних хімічних речовин може пошкодити зубну емаль, змінити колір зубів і викликати їх чутливість. Ці хімічні речовини включають хлор у плавальних басейнах, ВРА (поширений у консервах і пластикових контейнерах), хімічні речовини та антибіотики, що містяться в смужках для відбілювання зубів. Крім того, деякі ліки можуть викликати сухість у роті, що підвищує ризик карієсу та захворювань ясен. [4]

Також збільшити ризик пародонтозу може хронічний стрес. Це може бути тому, що стрес викликає запалення в організмі, роблячи рот сприйнятливим до хвороб. [4]

Дослідження показують, що вживання алкоголю може збільшити ризик пародонтозу, більш серйозного захворювання ясен. Також це може збільшити ризик раку порожнини рота. Крім того, існує зв'язок між частим або надмірним вживанням алкоголю та поганою гігієною порожнини рота, що є основним фактором ризику розвитку карієсу зубів та захворювань ясен. [4]

Незалежно від того, курить людина сигарети чи жує тютюн, куріння шкідливо для зубів і ясен. Це може сприяти розвитку пародонтиту (втрати опори зубів і запалення ясен) та інших захворювань порожнини рота.

Діабет руйнує кровоносні судини в організмі. Ясна мають кровоносні судини, що може збільшити ризик їх інфекцій. Це також може послабити ясна, полегшуючи випадання зубів. [4]

Поради щодо уникнення цих факторів прості. По-перше, потрібно практикувати поміркованість і баланс. По-друге, завжди потрібно дотримуватися правил гігієни ротової порожнини, таких як: використовувати зубну нитку, чистити зуби, носити капи, якщо необхідно, і відвідування стоматолога принаймні кожні шість місяців. [4]

## **1.2 Різноманітність захворювань ротової порожнини та зубів.**

Зуби і ротова порожнина відіграють важливу роль у нашому загальному здоров'ї та самопочутті. На жаль, вони також сприйнятливі до різних захворювань, які можуть серйозно вплинути на якість життя. Найбільш поширеними захворюваннями, які негативно впливають на здоров'я порожнини рота і зубів є: карієс; зубний наліт; гінгівіт; пародонтит; афтозний стоматит.

Такі захворювання можуть викликати біль, втрату зубів, запалення ясен і навіть негативно вплинути на загальний стан здоров'я.

Карієс — це термін, який позначає як захворювання, так і його ураження. Карієс відбувається, коли мікробіота біоплівки змінюється на кислотну карієсогенну та кислотогенну популяцію через часте споживання цукру. Результат цієї зміни може не спостерігатися клінічно та може призвести до чистої втрати мінералів у твердій структурі зуба, що призведе до видимих каріозних уражень. Збудником карієсу може бути вплив ферментованих вуглеводів (сахарози, глюкози, фруктози та мальтози) з раціону. [5]

Карієс поділяється на три групи: анатомічна, топографічна і клінічна. Анатомічну можна поділити на карієс емалі, дентину, цементу, а топографічну по глибині ураження на: стадія плями, або початковий карієс; поверхневий карієс; середній карієс; глибокий карієс. По характеру перебігу розрізняють хронічний та гострий карієс. [6]

Для клініки найбільш доцільною є друга (топографічна) класифікація (рис. 1.7), оскільки в клініці можна діагностувати карієс та визначити характер лікувального втручання. [6]

Стадія плями (білої або пігментованої) ледь помітна для пацієнта. Лікарі або пацієнти зазвичай стикаються з крейдяними або коричневими плямами на поверхні зубів. Під час зондування визначається гладка поверхня. При поверхневому карієсі подразники (зазвичай хімічні речовини) можуть викликати короточасний біль; зондування виявляє шорсткість. [6]

Помірний карієс може викликати короткочасний біль у відповідь на хімічні або термічні подразники, але не викликати дискомфорту. З'являється каріозна порожнина з розм'якшеним дентином. Зондування краю порожнини може бути болючим. [6]

Глибокі карієси болючі від будь-якого подразника, а при їх видаленні біль зникає. [6]



Рис. 1.7. Топографічна класифікація карієсу [7]

Гінгівіт є найлегшою та найпоширенішою формою захворювання ясен, яка піддається лікуванню. Якщо не лікувати, гінгівіт може призвести до більш руйнівного та невиліковного пародонтиту. Пародонтит ділиться на чотири стадії [8]:

- Пародонтит 1 стадія: початкова;
- Пародонтит 2 стадія: середньої тяжкості;
- Пародонтит 3 стадії: важкий з можливістю втрати зубів;
- Пародонтит 4 стадії: важкий з потенційною втратою всіх зубів.

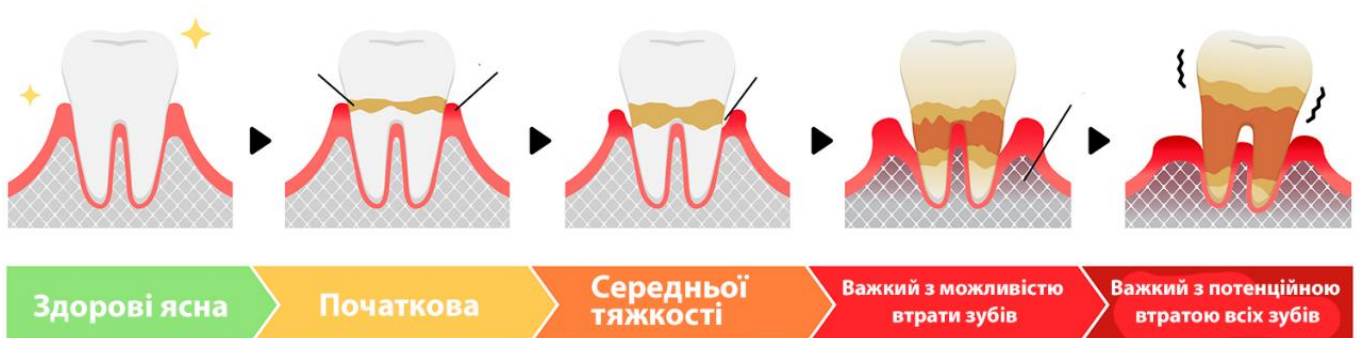


Рис. 1.7. Схема етапів пародонтиту

Липку речовину, яка називається зубним нальотом та покриває зуби, як бруд, утворюють бактерії та інші частинки, якщо людина не користується зубною ниткою та не чисте зуби щіткою регулярно з належною технікою. [8]

Якщо наліт не видалити, імунна система організму реагує на нього та викликає запалення ясен. Запалені ясна часто червоніші та набряклі, ніж зазвичай, та мають тенденцію кровоточити, якщо їх не чистити щіткою або зубною ниткою. Це може стати помітним вже через два тижні. [8]

Якщо зубний наліт не лікувати, він починає твердіти і перетворюватися на речовину, яка називається зубним каменем. Зубний камінь – це затверділий зубний наліт, буває двох типів. [8]

У людей зі здоровою слиною на нижніх передніх зубах утворюється «над'ясневий» зубний камінь, який часто видно. Він кремово-жовтого кольору і утворюється з мінералів, які містяться в слині людини. [8]

Більш серйозний тип, який називається «підясневий камінь», утворюється під яснами та стає чорним через наявність крові, коли ясна запалені. Зазвичай чорний підясневий камінь вказує на один із серйозніших типів захворювань ясен. [8]

Гінгівіт є єдиною виліковною стадією захворювання ясен. Хороша домашня гігієна порожнини рота, чищення і регулярні огляди можуть допомогти запобігти цьому. [8]

Якщо не лікувати, гінгівіт може прогресувати до 1 стадії пародонтиту. При пародонтиті запалення пошкоджує волокна, які з'єднують корінь зуба з лункою. Ці волокна називаються «періодонтальною зв'язкою», і є постійними при пошкодженні. Ніякого болю чи інших симптомів на цьому етапі не помітно. Однак, під час чищення, ясна все одно будуть кровоточити та сильніше запалюватися. [8]

Якщо початковий пародонтит не лікувати, стан людини прогресує до 2-ї стадії – пародонтиту середньої тяжкості. Основною відмінністю між початковим і середньотяжким пародонтитом є ступінь ураження суглобів або зв'язок між коренем зуба та його лункою. [8]

Мова йде про важкий пародонтит, коли ризик втрати зуба дуже високий. Навряд чи можливо відчувати біль, коли захворювання ясен досягає цієї стадії. Це спричиняє

неприємний запах з рота, неприємний присмак та відступ ясен, через що зуби виглядають довшими. До досягнення 4-ї стадії деякі зуби часто втрачаються, а решта зубів хитаються. Оскільки зуби не мають достатньої кількості ясен або кісткової тканини, щоб підтримувати їх, вони можуть бути недостатньо міцними, щоб витримати силу укусу під час жування. [8]

Рецидивуючий афтозний стоматит (РАС) є найпоширенішим хронічним захворюванням порожнини рота, яким страждає 5-25% населення. [9]

Симптоми рецидивуючого афтозного стоматиту включають продромальні відчуття, такі як печіння, свербіж, поколювання та біль, які посилюються під час фізичного контакту, особливо кислої їжі та напоїв. Біль є найінтенсивнішим у перші кілька днів після появи виразки, а потім зменшується, коли вона заживає. Ураження язика може зробити розмову та жування незручними. Виразки м'якого піднебіння також можуть викликати одінофагію. Найчастіше стоматит виникає на незроговілих епітеліальних поверхнях ротової порожнини (рис. 1.8). [9]



Рис. 1.8. Афтозний стоматит

### **1.3 Класифікація методів дослідження ротової порожнини та зубів.**

Правильна діагностика стоматологічного захворювання є важливим етапом для грамотного і професійного лікування. Основним принципом діагностики є загальна оцінка стану зубів пацієнта.

У проекті проведено аналіз методів, які використовуються для діагностики та оцінки стану зубів та ротової порожнини людини. Дана класифікація приведена на рис. 1.9.

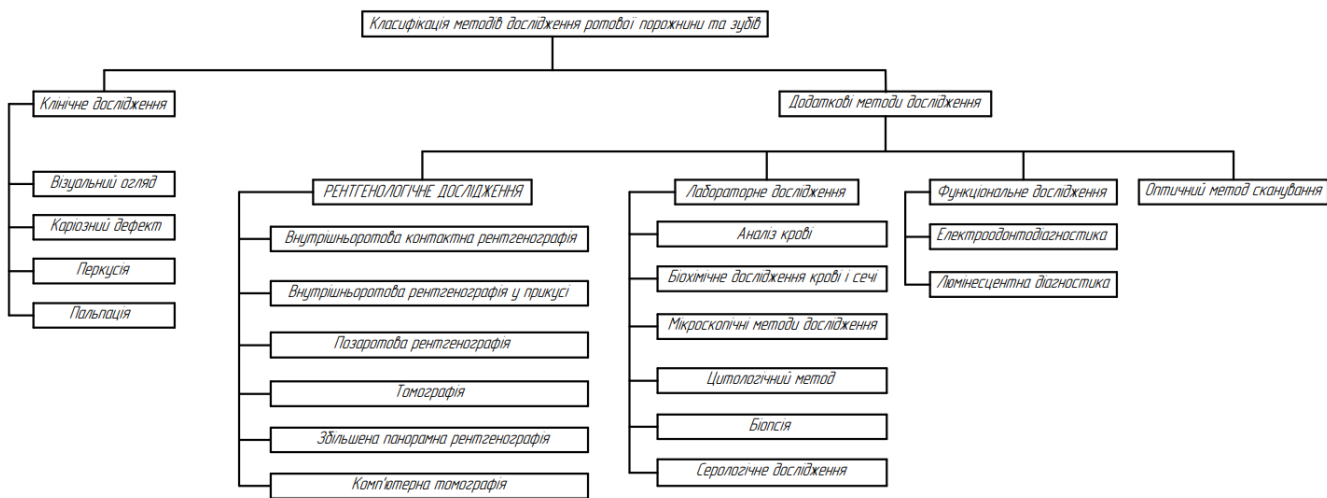


Рис. 1.9 Класифікація методів дослідження ротової порожнини та зубів.

При обстеженні стоматологічних хворих застосовуються клінічні та додаткові методи. Клінічний метод складається з візуального огляду, каріозного дефекту, перкусії та пальпації. Інші методи обстеження хворих включають лабораторні дослідження, функціональне дослідження, рентгенологічне дослідження та оптичний метод сканування. Кінцевою метою обстеження є правильний діагноз, необхідний для успішного лікування пацієнта. [10]

**Візуальний огляд.** Обстеження є одним з основних методів діагностики захворювань стоматології і дозволяє отримати об'єктивні та достовірні дані щодо конкретної хвороби пацієнта. Для підвищення ефективності обстеження необхідно враховувати загальний стан хворого, фізичний розвиток, поставу, міміку, стан складових ротової порожнини у спокої та під час навантаження (жування, мовлення, ковтання, дихання). [10]

Основною метою обстеження щелепно-лицевої ділянки є виявлення змін, які можуть виникнути у цій області, як при зверненні до медичного закладу, так і під час проведення профілактичних оглядів. Зазвичай обстеження включає зовнішній огляд

пацієнта та огляд ротової порожнини при якісному освітленні, яке може бути природним або штучним. [10]

Під час зовнішнього огляду щелепно-лищевої ділянки звертають увагу на наступні аспекти:

1. Стан шкірних покривів, такі як колір, тургор (еластичність), висипання та наявність рубців.
2. Вираженість носогубних складок, які можуть бути згладженими, помірно вираженими або поглибленими.
3. Лінію змикання губ та наявність заїди.
4. Ступінь видимості передніх зубів або альвеолярної частини під час розмови і усмішки.
5. Положення підборіддя, яке може бути прямим, виступаючим, западаючим або зміщеним в бік.
6. Симетрію обличчя на обох його половинах.
7. Висоту нижньої частини обличчя, яка може бути пропорційною, збільшеною або зменшеною.

Під час огляду порожнини рота спочатку проводять огляд присінка ротової порожнини при розслаблених губах та зімкнутих щелепах. Для цього піднімають верхню губу та опускають нижню губу або відтягують щоку за допомогою стоматологічного дзеркала. При огляді звертають увагу на його глибину, розвиненість вуздечок губ, язика, наявність тяжів, місце їх прикріплення до альвеолярного відростка, консистенцію та колір слизової оболонки порожнини рота. Вуздечки губ характеризуються такими клінічними ознаками: місцем прикріплення, щільністю, характером гребня, вираженістю схилів, розміром діастем. При огляді вуздечки нижньої губи звертають увагу на характер її фіксації. Після обстеження присінка ротової порожнини лікар, як правило, приступає до огляду вуздечки язика, що в нормі є складкою слизової оболонки. Потім оглядають червону облямівку губ і кути рота, а також внутрішню поверхню щік за допомогою дзеркала. Вслід за ротовою порожниною оглядають слизову оболонку ясен. Після ретельного огляду тканини слизової оболонки порожнини рота оцінюють зубний ряд верхньої та нижньої

щелепи. Далі вивчають співвідношення зубних рядів у передньо-заднього, вертикального та трансверзального напрямку. [10]

Для огляду зубів використовуються різні інструменти, зазвичай стоматологічне дзеркало та зонд (зазвичай гострий), при наявності штучного освітлення. Дзеркало дозволяє оглянути складнодоступні ділянки та спрямовує промінь світла на необхідну зону, а зонд дозволяє перевірити всі впадини, пігментовані ділянки та інші ознаки. При наявності каріозної порожнини, яка не помітна оком, гострий зонд "застрягає" у ній. Колір зуба може мати значення для діагностики. Зуби зазвичай мають білий колір з різними відтінками, від жовтуватого до голубуватого. Незалежно від відтінку, зубна емаль відрізняється особливою прозорістю та живим блиском. Особливу увагу звертають на контактні поверхні зубів, оскільки карієс там важко виявити без пошкодження жувальної поверхні. [10]

**Каріозний дефект.** Ознаки вторинного карієсу можна виявити за допомогою стоматологічного зонда та дзеркала. Під час проведення зондування вздовж краю пломби відчувається опір, і для його видалення необхідно застосувати певні зусилля. В області щілини, де відбувається демінералізація, тверді тканини зуба стають менш стійкими, що може викликати крейдоподібне забарвлення краю порожнини. [10]

**Перкусія.** Перкусія – постукування по зубу -застосовується для визначення стану пародонту. Ручкою зонда або пінцетом постукують по жувальній поверхні зуба або ріжучому краю. Перкусія безболісна, якщо немає вогнища запалення в тканинах пародонта. Унаслідок запального процесу в тканинах періодонта удар викликає біль, а здорові зуби, не викликають больових відчуттів. [10]

**Пальпація.** Пальпація – використовується для визначення набряку пухлини, ущільнення, рухливості органів або тканини порожнини рота. Рекомендується починати пальпацію з непошкодженої ділянки слизової оболонки і поступово наближатися до осередку ураження. В результаті більш точно визначається межа болючості, ущільнення. [10]

**РЕНТГЕНОЛОГІЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.** Рентгенологічні методи дослідження широко застосовуються в стоматології, оскільки вони широкодоступні, легкі, відносно недорогі та високоінформативні, але часто їх використовувати не

можна. [11] Всі методи рентгенологічного дослідження можна розділити на основні (внутрішньо та позаротова рентгенографія) та додаткові (томографія, комп'ютерна томографія, збільшена панорамна рентгенографія). [11]

Рентгенографія дозволяє визначити характер і вираженість процесів тканин пародонту, форми резорбції кістки (горизонтальна, вертикальна, змішана, наявність кісткових кишень тощо). Цей метод допомагає підібрати ортопедичні конструкції для зубних протезів і опорних зубів. [11]

**Внутрішньоротова контактна рентгенографія.** Таке рентгенологічне дослідження можна проводити за допомогою спеціального стоматологічного обладнання. Рентгенограми зубів і щелепно-лицевої області мають унікальні особливості, пов'язані з кістковою анатомією цієї області. Слід враховувати можливість перекриття кісток на рентгенограмах. Щоб цього не сталося, необхідно за законом ізометрії опромінювати трубку рентгенівської трубки під певним кутом до зубів верхньої та нижньої щелеп. [11]

**Внутрішньоротова рентгенографія у прикусі.** Цей тип рентгенографії використовується в основному у дітей з підвищеним блювотним рефлексом для дослідження великих ділянок і частин клітинних відростків. Плівку розміром 5x6 см або 6x8 см вставляють до ротової порожнини і стискають зуби, щоб утримати її на місці. Рентгенограми у прикусі використовують для обстеження усіх зубів і відділів верхньої щелепи, передньої групи зубів верхньої і нижньої щелеп. [11]

**Позаротова рентгенографія.** Метод позаротової рентгенографії використовується рідко, коли внутрішньоротова рентгенографія неможлива, тобто підвищений блювотний рефлекс або розкриття жувальних м'язів. Позаротова рентгенографія може бути використана для дослідження верхньої та нижньої щелепи, скронево-нижньощелепних суглобів і кісток обличчя, але позаротова рентгенографія менш якісна, ніж внутрішньоротова. [11]

**Томографія.** Пошарова зйомка, що дозволяє отримати зображення окремих шарів досліджуваної ділянки. Використовується спеціальне обладнання, таке як томограф або томографічна приставка. Суть томографії полягає в тому, що під час дослідження пацієнт залишається нерухомим, а рентгенівська трубка і касета з

плівкою рухаються в протилежних напрямках. За допомогою томографії можна отримати зображення зони обстеження на певній глибині. Цей метод необхідний при обстеженні станів скронево-нижньощелепного суглоба або інших ділянок голови та шиї. Томограми можна створювати в трьох проекціях: сагітальні, фронтальні, аксіальні. [11]

**Збільшена панорамна рентгенографія.** Це дослідження проводиться шляхом введення анода гострофокусної трубки (фокусний діаметр 0,1 мм) у ротову порожнину пацієнта та розміщення рентгенівської плівки в поліетиленовій касеті 12 x 25 см з підсилювальним екраном зовні. Пацієнта садять у лікувальне крісло так, щоб середньосагітальна площина була перпендикулярна підлозі, а оклюзійна площина, яку необхідно обстежити, була паралельна підлозі. Трубку вводять у ротову порожнину по середній лінії обличчя до рівня других молярів. Використовуючи описаний тут метод, можна отримати повні зображення всіх зубів при 2-кратному збільшенні у вигляді дуже чітких панорамних зображень. [11]

**Комп'ютерна томографія.** Цей метод дозволяє виявити розташування, форму, розміри і будову різних органів, визначити їх топографо-анатомічне співвідношення з прилеглими органами і тканинами. Метод заснований на комп'ютерній обробці інформації, отриманої з обстежених ділянок. Пристрій просторово локалізує області, які поглинають рентгенівські промені різними способами. У результаті на моніторі відтворюється синтетичне зображення ділянки, яку обстежують. Зображення, які отримали, не є прямими рентгенівськими променями чи томограмами, а являються синтезованими образами, заснованими на аналізі ступеня поглинання тканинами рентгенівських променів у кожній точці. Комп'ютерна томографія дуже корисна при обстеженні верхньої щелепи. [11]

## **ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ**

**Аналіз крові.** Аналіз включає кількість гемоглобіну, кількість еритроцитів і лейкоцитів, вимірювання колірних індикаторів і розрахунок формули лейкоцитів. Клінічний аналіз крові є важливим додатковим методом і повинен проводитися всім пацієнтам із захворюваннями слизової оболонки порожнини рота. Абсолютними показаннями до проведення даного методу є наявність некротичних ділянок слизових

оболонок, наявність довго незагойних виразок у ротовій порожнині та всі випадки підозри на захворювання органів кровотворення. [10]

**Біохімічне дослідження крові і сечі.** Дослідження на цукор проводять при клінічній підозрі на цукровий діабет (сухість у роті, хронічний рецидивуючий кандидоз, пародонтоз та ін.). [10]

**Мікроскопічні методи дослідження.** Методи дослідження мікроструктури різних об'єктів широко застосовуються в стоматології для визначення клітинного складу ранових поверхонь, якісних змін клітин слизової оболонки, бактерицидного складу слизових оболонок або ранових поверхонь. Залежно від мети розрізняють цитологічне, біопсійне та бактеріологічне дослідження. [10]

**Цитологічний метод.** Цей метод заснований на вивченні особливостей будови клітинних елементів та їх вузлів. Матеріалом для цитологічного дослідження можуть бути відбитки або зіскрібки з поверхні слизових оболонок, ерозій, виразок, нориць, пародонтальних кишень. Відбиток поверхні рани можна отримати двома способами. У першому випадку добре знежиреним склом прикладають рани і виразки слизової ротової порожнини, а також червону облямівку губ. Та пункція, яка використовується, коли необхідно взяти матеріал з таких ділянок, як ущільнення, збільшених лімфатичних вузлів та інші. Виконується за допомогою шприца об'ємом 5-10 мл і голки довжиною 6-8 см. [10]

**Біопсія.** Прижиттєве видалення тканин для мікроскопічного дослідження з діагностичною метою. Біопсія дозволяє більш точно діагностувати патологічні процеси, так як правильна фіксація запобігає змінам досліджуваного матеріалу, пов'язаних з аутолізом. Біопсія використовується, коли діагноз неможливо поставити іншими методами або коли потрібне підтвердження клінічних припущень. Для біопсії достатньо шматочка тканини розміром 5-10 мм. Якщо уражена ділянка невелика, її повністю січуть (тотальна біопсія), матеріал поміщають у фіксатор і відправляють на гістологічне дослідження. [10]

**Серологічне дослідження.** Вимірювання антитіл або антигенів у сироватці крові пацієнта та виявлення антигенів у мікроорганізмів або тканин для ідентифікації ґрунтуються на імунних реакціях. Для діагностики сифілісу використовується реакція

Вассермана. людей інфікованих вірусом ВІЛ, ідентифікують за допомогою серологічних проб. При підозрі на бруцельоз використовують серологічні реакції Райта або Хадлсона. [10]

## **ФУНКЦІОНАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ**

**Електроодонтодіагностика.** Застосування електричного струму ґрунтується на загальновідомому факті, що всім живим тканинам властива збудливість, здатність до збудження під дією подразників. Мінімальна інтенсивність подразника, що викликає збудження, називається порогом. Встановлено, що наявність патологічних процесів у пульпі змінює її збудливість. [10]

**Люмінесцентна діагностика.** Цей метод заснований на здатності тканини та її клітинних елементів випромінювати світло певного кольору (первинну або власну флуоресценцію речовини) під впливом ультрафіолету. Для посилення ефекту флуоресценції досліджувану тканину можна попередньо обробити флюоресцентною речовиною. Цей метод використовується для визначення крайового прилягання пломб, діагностики раннього карієсу. [10]

**Оптичний метод сканування.** Оптичний метод сканування, який ще називають інтраоральне сканування, використовує принципи оптики для отримання тривимірного зображення порожнини рота. Цей метод використовують внутрішньоротові сканери, у вигляді невеликого приладу, що дозволяє створити зібраних цифрових даних, відбитка ротової порожнини.

Такий прилад підключений до комп'ютера, на якому повинно бути встановлено відповідне програмне забезпечення. Дане програмне забезпечення дозволяє обробляти цифрові дані, отримані з одної, або двох камер. Чим компактніший сканер, тим легше він проникає всередину ротової порожнини для отримання точних даних. [12]

Під час сканування прилад вставляється в ротову порожнину пацієнта і потім обережно рухається над поверхнею зубів у правильному напрямку. Отримані 3D зображення є прямими оптичними відбитками. Таким чином сканер автоматично фіксує розмір і форму кожного зуба. Не враховуючи підготовку, сканування займає декілька хвилин, і програмне забезпечення створює детальний цифровий відбиток,

який стоматолог може переглядати в реальному часі на моніторі, також їх можна збільшувати та переміщувати для перегляду окремих деталей. [12]

Весь процес сканування ефективний, простий і економить час, що дозволяє стоматологам діагностувати більше пацієнтів з високою точністю, не використовуючи традиційні методи діагностики. Зображення тканин порожнини рота, а також сканованих тіл імплантатів генерують хмари точок, які тріангулюються за допомогою спеціального програмного забезпечення, створюючи 3D-модель поверхні. 3D-моделі поверхонь тканин порожнини рота є результатом оптичних відбитків і використовуються як цифрова альтернатива традиційним фізичним гіпсовим моделям. [12]

Зображення, які отримали під час сканування, обробляються спеціальним програмним забезпеченням сканера, яке використовує вдосконалені алгоритми для зшивання зображень і створення високоточної 3D-моделі зубів і ясен. Цю 3D-модель, як правило, у форматі STL, можна використовувати для різноманітних стоматологічних застосувань, наприклад для реставраційної стоматології, встановлення імплантатів, планування ортодонтичного лікування. [12]

Отже, внутрішньоротове сканування (оптичне сканування) — це метод сканування з використанням стоматологічної техніка, яка представляє собою цифровий сканер для створення 3D-зображення зубів і ясен пацієнта. Цей метод має багато переваг перед традиційними методами візуалізації зубів. [12]:

Даний метод є більше зручностей для пацієнтів. Цифрові сканери знімають зображення ротової порожнини швидко та комфортно, на відміну від незручних відбиткових матеріалів, яким потрібно кілька хвилин, щоб закріпитися в роті пацієнта [12]. Цифрове сканування має високу роздільну здатність, тому можна побачити навіть найдрібніші деталі зубів і ясен. Це важливо для точних стоматологічних робіт, таких як виготовлення ортодонтичних апаратів, коронок, мостів та імплантатів [12]. Цифрові скани можна обробляти набагато швидше, ніж традиційні відбитки, що значно прискорює весь процес лікування зубів. [12]

Також цей метод дозволяє покращити спілкування з пацієнтом, тобто можливо ділитися 3D-зображеннями з пацієнтами та інформувати їх про здоров'я зубів,

надаючи візуальні зображення їхніх зубів. Це дозволить краще зрозуміти варіанти лікування та результати. [12]

#### **1.4 Огляд оптичного методу сканування ротової порожнини та зубів**

Звичайні методи зняття відбитків використовуються для запису тривимірної форми тканини зуба. Однак цей процес потребує послуг хорошої зуботехнічної лабораторії, оскільки об'ємні зміни відбиткових матеріалів і нарощування зубного каменю схильні до помилок. Щоб подолати ці проблеми, для стоматологічної практики були розроблені інтраоральні сканери (IOS), які використовують оптичну технологію для отримання тривимірних зображень ротової порожнини та зубів. [13]

Внутрішньоротовий сканер проектує джерело світла на об'єкт, включаючи зубну дугу, препарований зуб і відскановане тіло імплантату (тобто циліндр, угвинчений в імплантат, який використовується для передачі тривимірного положення імплантату). Ці об'єкти відбивають світло, яке вловлюється датчиком зображення та обробляється програмним забезпеченням сканування. Отримане 3D-зображення можна використовувати як прямі оптичні відбитки. Таким чином сканер автоматично фіксує розмір і форму кожного зуба. Сканування займає всього кілька хвилин. Система створює детальні цифрові відбитки (рис. 1.10). [12]

Впровадження інтраоральних сканерів у стоматологічній практиці збіглося з розвитком технології CAD/CAM (комп'ютерне проектування та виробництво) у стоматології, надаючи стоматологам багато переваг. Сьогодні IOS і CAD/CAM спрощують планування лікування, аналіз випадків і спілкування з лабораторіями, забезпечуючи швидший практичний час, менші вимоги до зберігання та коротший час лікування. За останнє десятиліття кількість оптичних IOS зростає, і вони засновані на різних технологіях. Цей вибір може вплинути на клінічне застосування. [13]

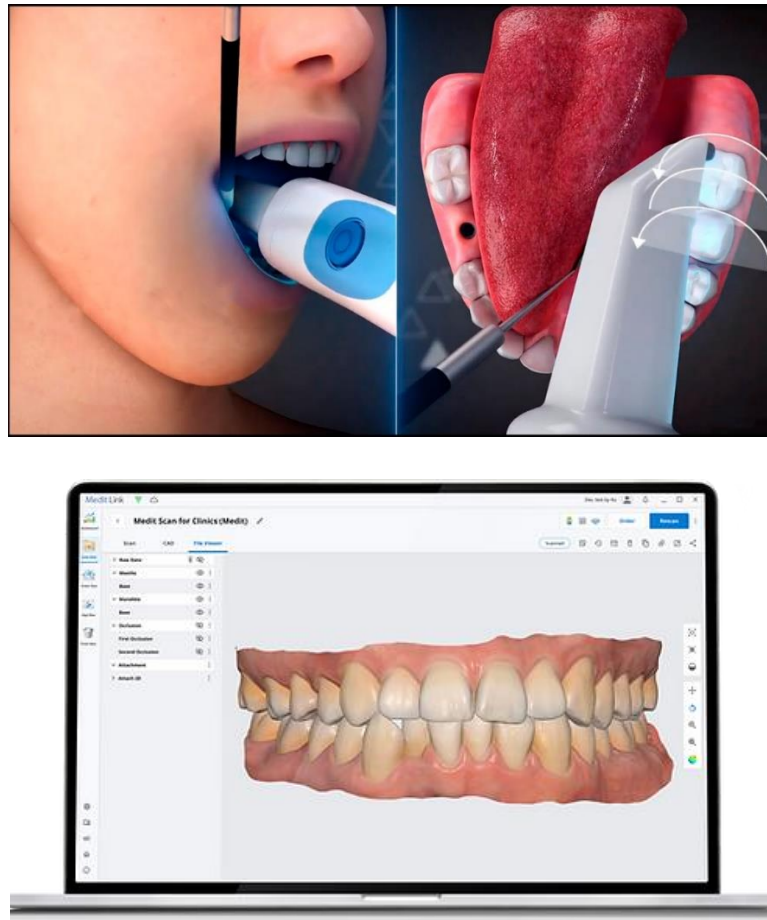


Рис. 1.10. Приклад використання інтраорального сканера на пацієнті

Використання оптичного методу сканування дає точний запис тривимірної геометрії об'єкта. Відкритий STL (стандартна мова тесселяції) або заблокований STL-подібний є найбільш поширеним цифровим форматом (рис. 1.11). Цей формат описує послідовність трикутних поверхонь, де кожен трикутник визначається трьома точками та нормальною поверхнею (рис. 1.12).

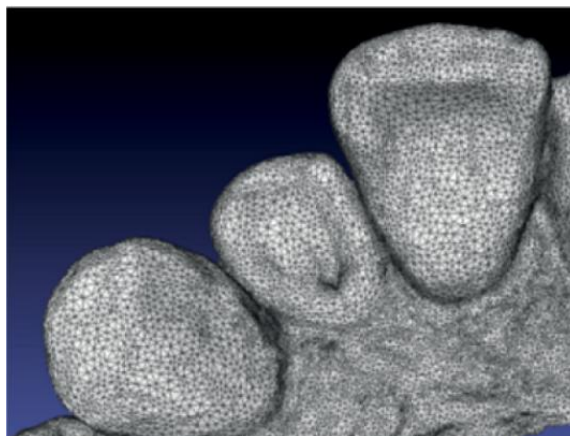


Рис. 1.11. Приклад файлу STL [13]

Для запису кольору зубних тканин були розроблені інші формати файлів, такі як формат файлу багатокутника, або файли PLY. Незалежно від типу технології візуалізації, яка використовується інтраоральними сканерами, усі камери вимагають проєкції світла, яке потім записується як окремі зображення або відео та компілюється програмним забезпеченням після розпізнавання POI (точок інтересу). Перші дві координати ( $x, y$ ) кожної точки оцінюються на зображенні, а третя координата ( $z$ ) потім обчислюється залежно від технології відстані до об'єкта кожної камери, як пояснюється нижче (рис. 1.13). [13]

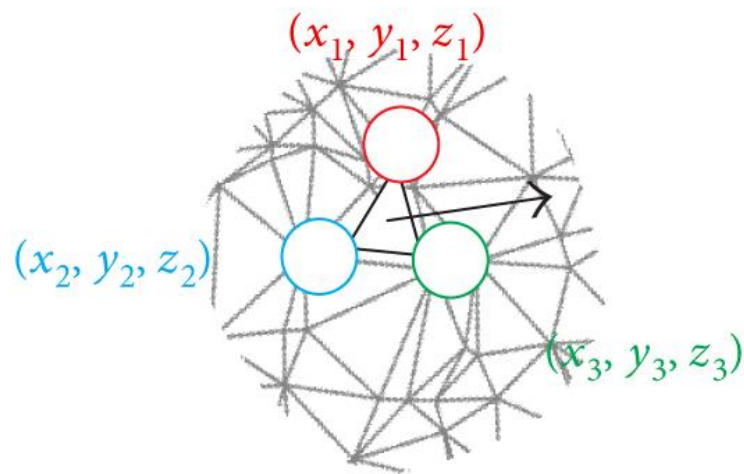


Рис. 1.12. Схема трикутника, який складається з трьох точок ( $x, y$  та  $z$ ) і нормальної поверхні.[13]

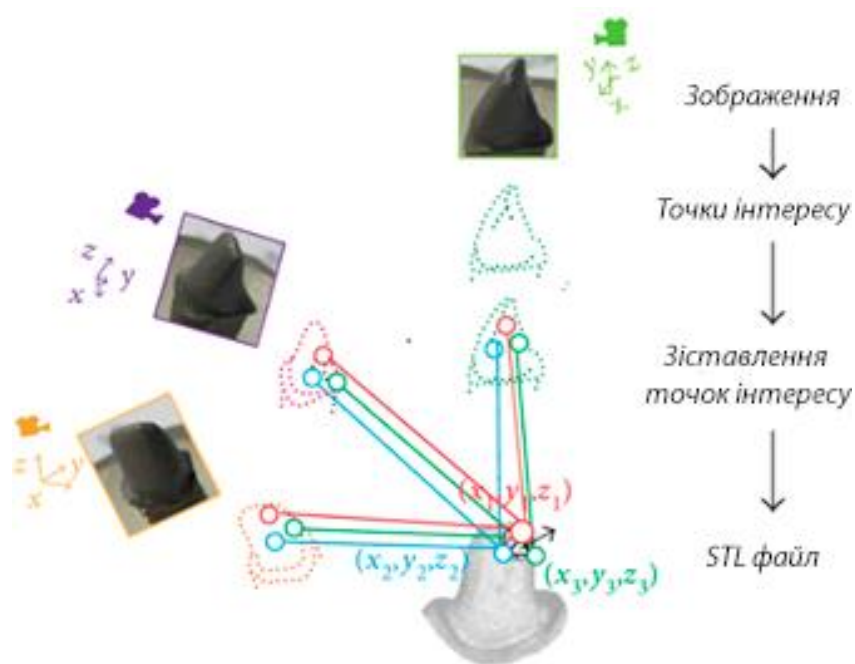


Рис. 1.13. Схематичне зображення технології реконструкції [13]

## Проекція та захоплення світла

У сфері сканування існує чітке розмежування між пасивними та активними техніками. Пасивні методи використовують лише навколишнє світло для освітлення внутрішньоротових тканин і покладаються на текстуру об'єктів на певному рівні. Активні методи використовують біле, червоне або синє структуроване світло, проєктоване на об'єкт світлопроектором, і менш залежать від фактичної текстури та кольору реконструйованої тканини. В активній технології точка світла проєктується на об'єкт, а відстань до об'єкта обчислюється шляхом тріангуляції (рис. 1.14). Альтернативою є проєкція світлового візерунка, наприклад лінія чи сітка (рис. 1.15). Реконструкція поверхні може бути досягнута за допомогою редагування зображень, відео, де кілька кадрів за секунду можуть бути захоплені в безперервному потоці даних, або аналізу хвиль. [13]



Рис. 1.14. Проекція точок. [13]



Рис. 1.15. Проекція сітки внутрішньоротовим сканером. [13]

## **1.5 Огляд і аналіз засобів інтелектуальної власності**

На сьогоднішній день у світі існує більше 10 типів дентальних внутрішньоротових скануючих пристроїв. Існуючі пристрої базуються на різних безконтактних оптичних методах, таких як конфокальна мікроскопія, оптична когерентна томографія, активне та пасивне стереобачення, триангуляція, інтерферометрія та принципи фазового зсуву. [14]

Усі ці пристрої поєднують кілька методів візуалізації, щоб мінімізувати шум, який виникає під час сканування ротової порожнини. Зокрема шум, пов'язаний з оптичними властивостями цільових поверхонь (прозорість і диференціальне відображення цільових матеріалів, таких як зуби, ясна, ліки та смоли), вологістю та випадковим відносним рухом. Також використовуються різні типології структурованих джерел світла та оптичних компонентів. [14]

### **Конфокальна лазерна сканерна мікроскопія**

Конфокальна лазерна скануюча мікроскопія (CLSM або LSCM) — техніка отримання зображень у фокусі з вибраних глибин. Цей процес, відомий як оптичне розділення (оптичні зображення високої роздільної здатності з селективністю по глибині). Зображення знімаються точково, тобто в конкретні місця, і реконструюються уже комп'ютером. Якщо використовувати цю техніку, можна відновити профіль поверхні непрозорих зразків і потім отримати уже зображення внутрішньої частини непрозорих зразків. Конфокальний мікроскоп відображає лише один рівень глибини за раз, тоді як звичайний мікроскоп бачить так далеко всередину зразка, наскільки може проникнути світло. CLSM забезпечує контрольовану та дуже обмежену глибину фокусування [14].

У техніці CLSM (рис. 1.16) лазерний промінь проходить через отвір, його розмір 14 дюймів, а потім фокусується об'єктивом, розміром 11 дюймів, у малий фокусний об'єм. Зразок може бути флуоресцентним у біологічних застосуваннях. Далі розсіяне та відбите лазерне світло знову збирається лінзою об'єктива. Розділювач променя (17 дюймів) відділяє частину світла в пристрій виявлення (28 дюймів). Цей апарат має фільтр, який вибірково приймає флуоресцентні довжини хвилі, блокуючи довжину хвилі збудження, яка є початковою. Далі після





Рис. 1.17. Інтраоральний сканер, який використовує техніку паралельного конфокального зображення. [14]

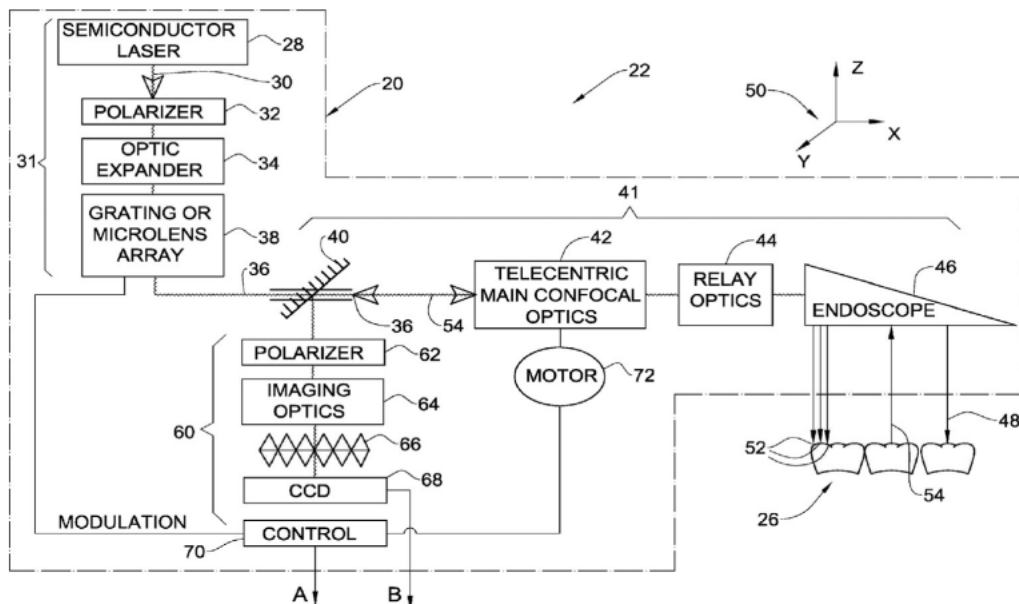


Рис. 1.18. Система сканування паралельного конфокального зображення інтраорального сканеру. [14]

Ця технологія дозволяє сканеру охоплювати всі структури та матеріали в ротовій порожнині без покриття зубів пацієнта. Повне тривимірне зображення всієї конструкції можна отримати, зібравши топологію поверхні суміжних частин з двох або більше різних кутів. [14]

### Техніка тріангуляції

Тріангуляція — це безконтактна техніка для цифрового збору даних про форму 3D-об'єктів і створення 3D-цифрових моделей для різних застосувань. Розрізняють

як пасивні, так і активні методи тріангуляції. При активній тріангуляції оптичне випромінювання проектується на сцену, а положення цільового об'єкта обчислюється за його відображенням. При пасивній тріангуляції сам скануючий пристрій не випромінює випромінювання, а система заснована на виявленні відбитого навколишнього випромінювання. [14]

Пасивна тріангуляція, також відома як пасивне стереобачення, використовує алгоритми фотограмметрії. Цей метод заснований на обробці двох стереозображень, зроблених двома камерами, кожна з яких має відоме положення та кут. Ця інформація потрібна для визначення точок із характеристиками, які збігаються, на двох зображеннях. [14]

При активній тріангуляції світловий промінь, створений лазером, відхиляється дзеркалами та сканується на ціль. На рисунку 1.19 показана блок-схема двовимірної системи активної тріангуляції. Камера складається з об'єктива та позиційно-чутливого фотоприймача для вимірювання положення зображення освітленої точки на об'єкті. Залежно від того, наскільки далеко лазер потрапляє на поверхню, лазерні точки з'являються в різних місцях у полі зору камери. Ця техніка називається тріангуляцією, оскільки лазерна точка, камера та лазерний передавач утворюють трикутник. [14]

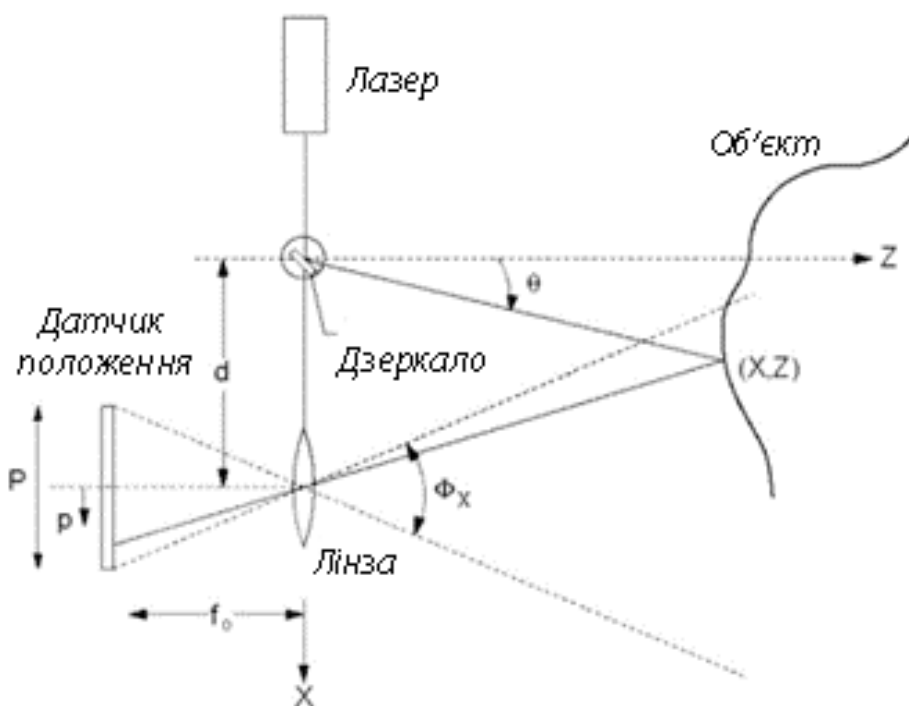


Рис. 1.19. 2D метод активної тріангуляції [14]

Типовий представник техніки тріангуляції є інтраоральний сканер показаний на рис. 1.20. Камера проектує мінливий візерунок синього світла на об'єкт (рис. 1.20), використовуючи проекційні сітки, які мають випадковий розподіл пропускання і які утворюють підобласті, що містять прозорі та непрозорі структури. Крім того, завдяки елементу для зміни довжини оптичного шляху для кожного отриманого профілю можна визначити конкретне співвідношення між властивостями світла та оптичною відстанню площини зображення від оптики зображення. [14]



Рис. 1.20. Інтраоральний сканер та його сканування на зубах [14]

Джерело світла (3) (рис. 1.21) створює промінь освітлення (7.1, 7.2, 7.3), який фокусується на поверхні скануючого об'єкта (2). Датчик зображення (6) приймає промінь спостереження (9.1, 9.2, 9.3), відбитий поверхнею цільового об'єкта. Система фокусування (5) фокусує промінь спостереження на датчик зображення (6). Джерело світла (3) фактично складається з різних блоків (3.1, 3.2, 3.3), які можуть незалежно регулюватися щодо інтенсивності світла. Інтенсивність світла, виявленого кожним сенсорним елементом, є прямою мірою відстані між скануючою голівкою та

відповідною точкою об'єкта. Важливою складовою системи є те, що техніка тріангуляції вимагає однорідної відбивної поверхні, а різні матеріали (як дентин, амальгама, смоли, ясна) по-різному відбивають світло. Тому необхідно покрити зуби відповідними порошками перед етапом сканування, щоб зробити відбивну здатність поверхонь рівномірною. [14]

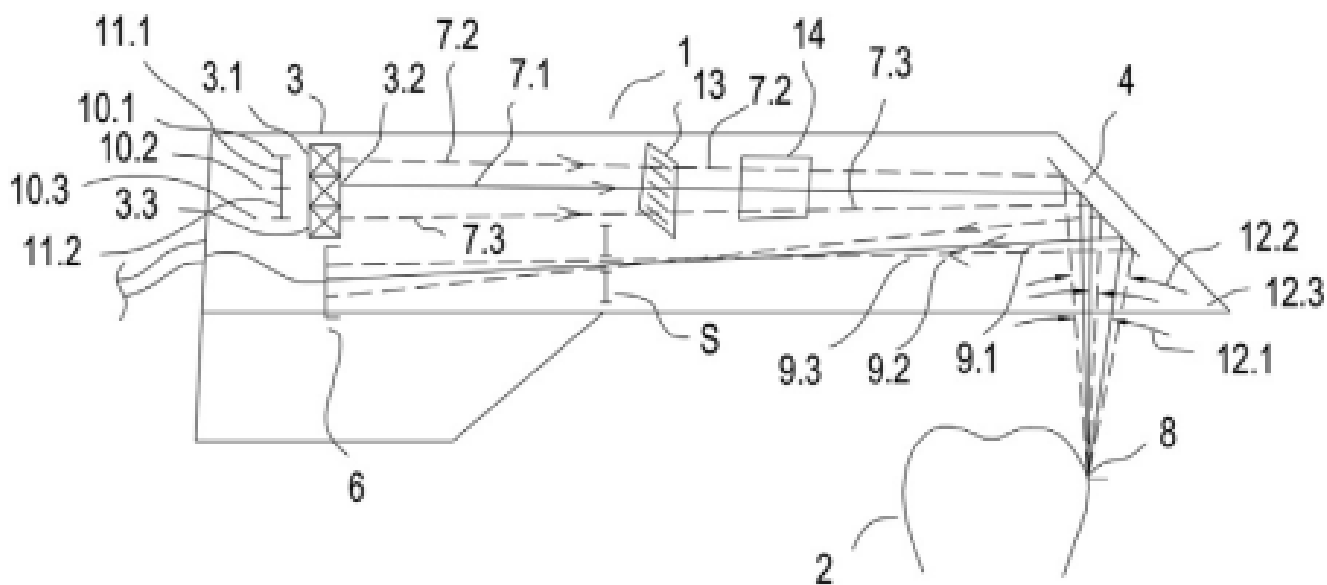


Рис. 1.21. Принцип сканування [16]

### Оптична когерентна томографія

Оптична когерентна томографія (ОКТ) — це інтерферометричний метод візуалізації, який створює зображення поперечних перерізів підповерхневих мікроструктур цілей, таких як, біологічні ткани. Інтерферометр ОСТ - сканера розділяє поле широкосмугового джерела на еталонне поле та поле зразка. Область зразка фокусується на певну точку під поверхнею тканини за допомогою скануючої оптики та об'єктива. Змінене поле зразка, розсіяне назад від тканини, заважає поверхні фотодетектора. [14]

Цей інтраоральний сканер налаштований, як оптична когерентна томографія (ОКТ) або конфокальний датчик. Лазерний дигітайзер містить лазерне джерело, з'єднувач і детектор, з'єднані волоконно-оптичним кабелем (рис. 1.22). Адаптер розділяє світло від джерела світла на два шляхи. Перший прохід веде до візуалізаційної оптики, яка фокусує промінь на дзеркалі сканера та спрямовує світло

на препаровану поверхню зуба. Другий оптичний шлях від джерела світла спрямований через оптичну лінію затримки та відбивач. Цей другий оптичний шлях (еталонний шлях) має контрольовану та відому довжину шляху, яка визначається параметрами оптичної лінії затримки. Відбите світло від поверхні об'єкта повертається через дзеркало сканера і поєднується з опорним світлом від оптичної лінії затримки через роз'єм. Комбіноване світло підключається до системи візуалізації та оптики візуалізації через волоконно-оптичні кабелі. Лазерний дигітайзер може забезпечити датчик оптичної когерентної томографії (ОКТ) або датчик рефлектометрії з низькою когерентністю, використовуючи джерело світла з низькою когерентністю та змінюючи опорний шлях на відоме значення. Пристрій позиціонування оснащено фокусуючою оптикою для зміни фокусного положення лазерного променя та діє як конфокальний датчик. Серія зображень лазерних сегментів на об'єкті з однієї позиції на зразку по суті чергується з двома або більше 3D-картами зразка з тієї самої позиції на зразку. Період вимірювання для кожної покадрової 3D-карти є коротким, щоб мінімізувати вплив відносного руху між пероральним приладом і пацієнтом. Лінійні 3D-карти можна вирівняти програмно. [14]

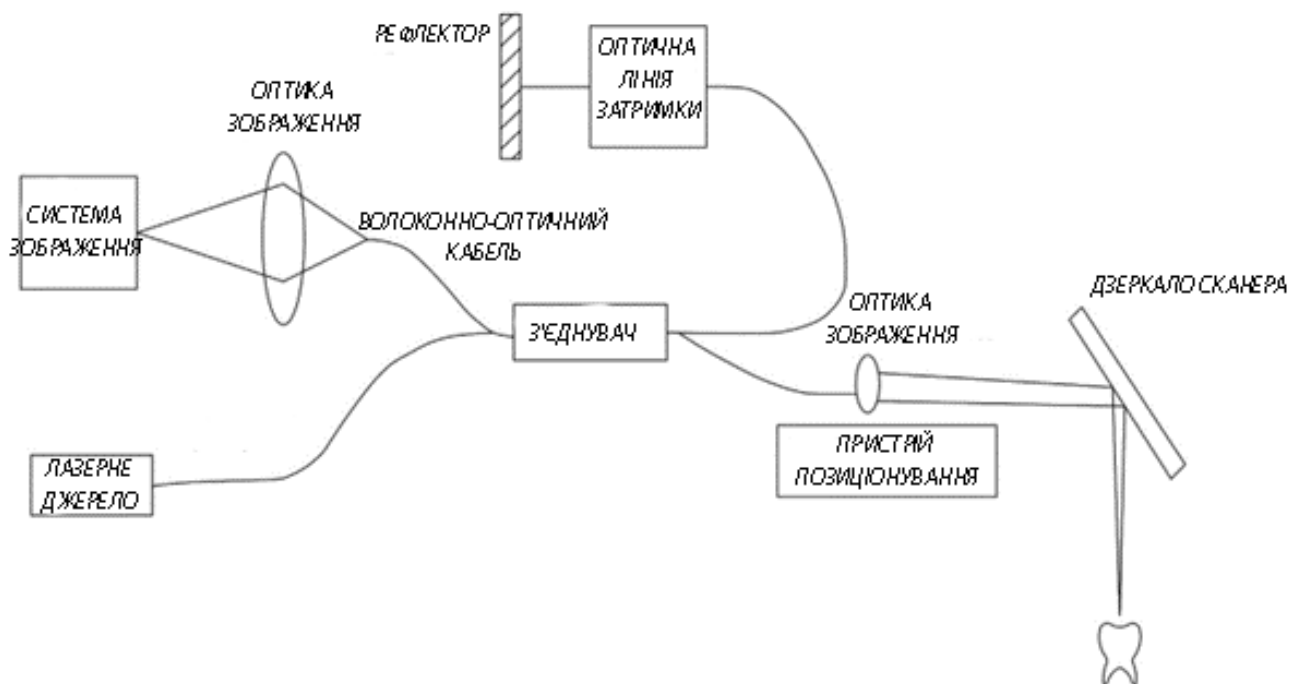


Рис. 1.22. Принцип роботи сканера, який використовує оптичну когерентну томографію [17]

## Акордеонна інтерферометрія

Акордеонна інтерферометрія (AFI) — це технологія, яка розширює традиційну лінійну лазерну інтерферометрію до трьох вимірів. [14] В інтерферометрії з акордеонною смугою два точкових джерела світла освітлюють ціль і утворюють інтерференційну смугу. Високоточна цифрова камера використовується для запису кривизни смуг із точки зору, зміщеної від проектора (рис. 1.23). [14]

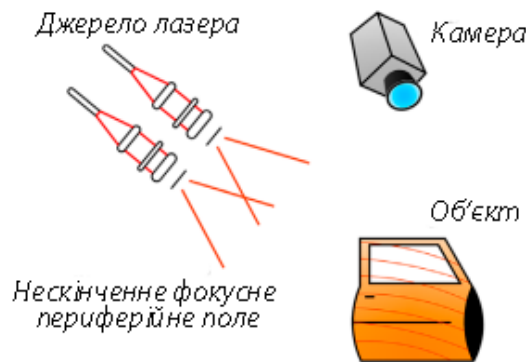


Рис. 1.23. Принцип роботи AFI

Поєднуючи ступінь видимої кривизни смуги з відомою геометрією між камерою та лазерним джерелом, можна оцифрувати поверхню об'єкта, сфотографованого за допомогою алгоритму AFI. Інфрачервоні камери на базі AFI записують положення точки поверхні  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  для кожного пікселя в камері. Технологія AFI використовує лазерний промінь і інтерференційну картину, створювану декількома лазерними джерелами, щоб створити ідеально сфокусований і точний промінь на цільовому об'єкті. На рис. 1.24 показано інтерференційну картину, яка створюється, коли лазерне світло проходить через дві тонкі щілини. [14]

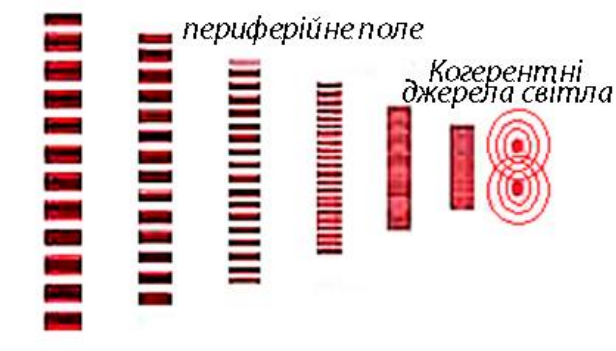


Рис. 1.24. Інтерференційна картина AFI, коли лазерне світло пропускається через дві тонкі щілини. [14]

## Активна вибірка хвильового фронту

Активна вибірка хвильового фронту (AWS) — це технологія 3D-зображення поверхні, яка використовує лише одну камеру та один модуль AWS. У найпростішому вигляді модуль AWS являє собою позаосьову діафрагму, яка рухається по колу навколо оптичної осі (рис. 1.25). Цей рух обертає цільову точку круговим рухом на площині зображення (якщо існують ідеальні умови без аберацій).

Інформацію про глибину точки інтересу можна отримати за радіусом круглої плями, створеної кожною точкою (радіус розмитого кола, створеного обертанням модуля AWS). По суті, AWS Imaging дозволяє будь-якій системі з цифровою камерою працювати в 3D. Це позбавляє від необхідності використання кількох камер для зйомки 3D-геометрії. Найважливішою особливістю системи AWS є те, що для збору інформації про глибину потрібен лише один світловий шлях. Можливі застосування – 3D ендоскопія та мікроскопія. [14]

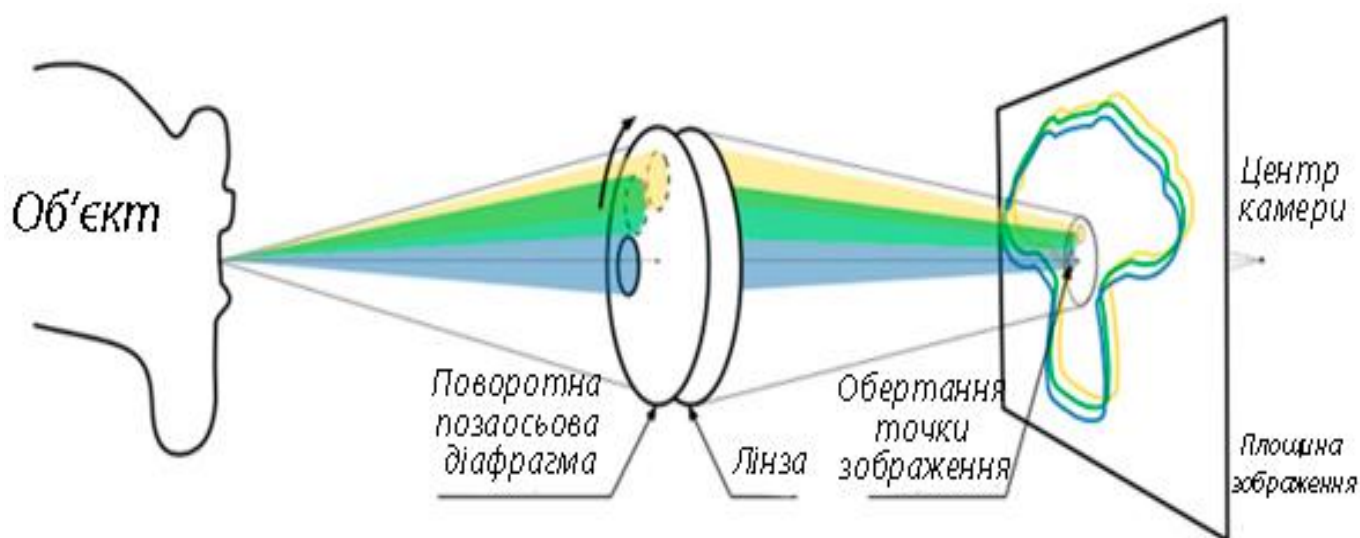


Рис. 1.25. Принцип дискретизації активного хвильового фронту. [14]

## 1.6 Огляд та аналіз сучасних інтраорального сканування

Розглянемо різні інтраоральні сканери, порівнявши їх методи сканування та технічні характеристики. Перший прилад для сканування ротової порожнини та зубів iTero Element, який представлений на рис. 1.26.



Рис. 1.26. Інтраоральний сканер iTero Element [18]

Сканер iTero використовує паралельну конфокальну технологію. Цей метод сканування не містить порошку, що дозволяє кінчику сканера безпосередньо контактувати з поверхнею зуба. Він також має вбудований потік повітря для запобігання запотіванню лінз. Однак стрижень сканера є відносно громіздким порівняно з іншими новішими сканерами. Виробники стверджують, що більший пристрій забезпечує ширше поле зору, швидший час сканування та кращу точність. Лінза має унікальний дзеркальний дизайн, вбудований у корпус, щоб легко дістатися навіть до найвіддаленіших зубів. [19]

Таблиця 1.1

Технічні характеристики iTero Element

Параметр	Значення
Швидкість сканування	6000 кадрів (20 сканувань) / сек
Технологія сканування	Паралельна конфокальна технологія
Джерело світла	червоний лазер, білий світлодіод
Довжина хвилі	680 нм
Частота	100 тис. кГц
Розміри (В*Ш*Д)	69,8*53,5*338,5 мм

Вага	470 г
Область сканування	20 x 17 мм
Час сканування	60 секунд
Додаткове обладнання	Персональний комп'ютер
Підключення	USB
Системні вимоги комп'ютера(Рекомендовані)	Процесор: Intel® Core™ i7-11370H Відеокарта: Nvidia GeForce RTX 2060 ПАМ'ЯТЬ (RAM): 16 ГБ

Наступним розглянемо інтраоральний сканер виробника TRIOS 3 (Wireless), що представлений на рис. 1.27.



Рис. 1.27. Сканер TRIOS 3 (Wireless) [20]

TRIOS 3 використовує технологію швидкого оптичного розділення на основі принципу конфокального лазера. Конфокальна площина періодично змінюється з певною частотою, тому оператору не потрібно змінювати положення головки сканера, щоб підтримувати відносну відстань до об'єкта під час сканування. У результаті його високо оцінили як сканер, який забезпечує оптимальний баланс між швидкістю сканування та точністю. [19]

## Технічні характеристики TRIOS 3 (Wireless)

Параметр	Значення
Швидкість сканування	3000 зображень / сек
Технологія сканування	Паралельна конфокальна технологія
Джерело світла	світлодіод
Довжина хвилі	405 нм
Розміри (В*Ш*Д)	20*21*276 мм
Вага	373 г
Точність сканування	6,9 ± 0,9 мкм
Область сканування	15 x 14 мм
Час сканування	60 – 180 с
Додаткове обладнання	Персональний комп'ютер
Підключення	USB
Системні вимоги комп'ютера(Рекомендовані)	Процесор: Intel® Core™ i7-11370H Відеокарта: Nvidia GeForce RTX 2060 ПАМ'ЯТЬ (RAM): 16 ГБ

Далі розглянемо інтраоральний сканер CEREC Omnicam AC, який зображений на рис. 1.28.



Рис. 1.28 Зовнішній вигляд сканера CEREC Omnicam AC [21]

На основі методу триангуляції, Omnicam відрізняється від попередніх сканерів, тому що використовує потокове відео. Розпилення порошку перед скануванням також не потрібне для цього покоління сканерів CEREC. [19]

Таблиця 1.3

Технічні характеристики CEREC Omnicam AC

Параметр	Значення
Швидкість сканування	від 20 до 50 кадрів на секунду
Технологія сканування	Безперервна зйомка, триангуляція
Джерело світла	Білий світлодіод
Довжина хвилі	450-470 нм
Частота	50 тис. кГц
Розміри (В*Ш*Д)	16*16*228 мм
Вага	313 г
Точність сканування	20-40 мкм
Область сканування	16 x 15 мм
Час сканування	60 – 300 с
Додаткове обладнання	Моноблок
Підключення	USB
Системні вимоги комп'ютера(Рекомендовані)	Процесор: Intel i7 5820K Відеокарта: AMD R9 285 ПАМ'ЯТЬ (RAM): 8 ГБ DDR4-RAM*2

### 1.7 Розробка загального вигляду інтраорального сканеру.

Розглянувши всі технології сканування, розроблено інтраоральний сканер на основі технології триангуляція, з використанням структурованого світла, який має високу швидкість сканування ротової порожнини та зубів. Загальний вигляд інтраорального сканеру показаний на рис. 1.29. Технічні характеристики представлені в таблиці 1.4

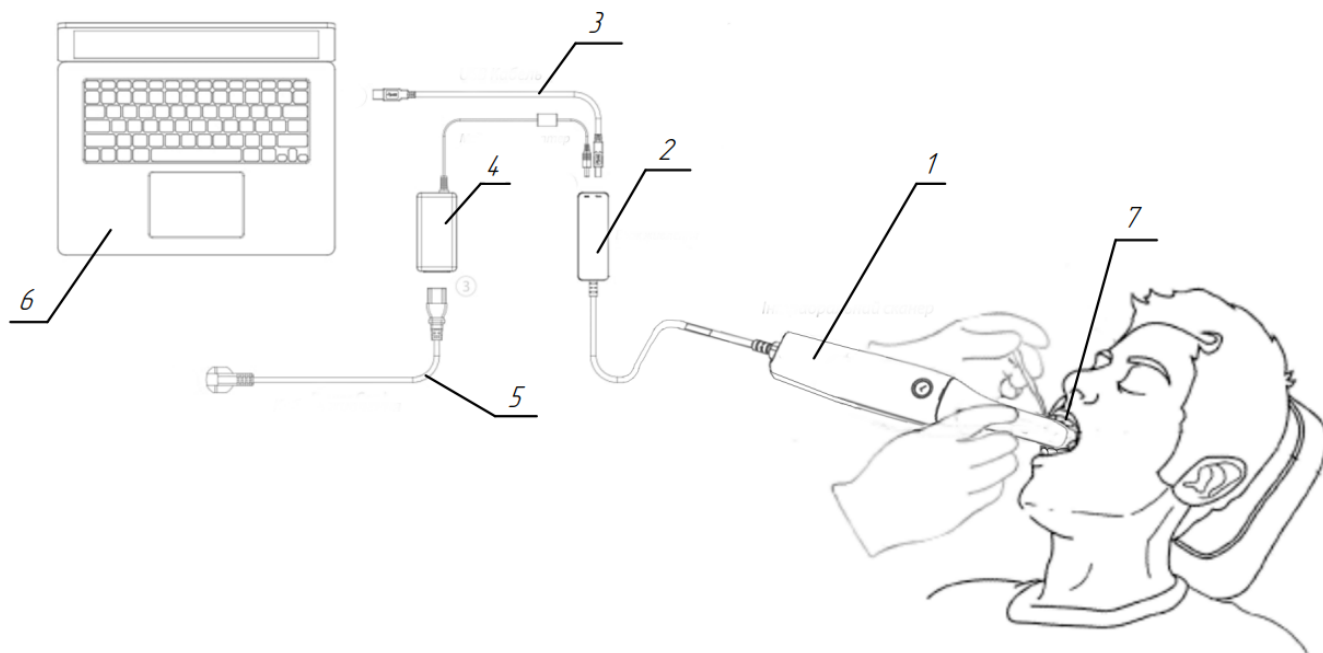


Рис. 1.29 Загальний вигляд інтраорального сканеру:

1 - інтраоральний сканер, 2 - блок живлення, 3 - USB Кабель, 4 - медичний адаптер, 5 - кабель живлення, 6 – персональний комп'ютер для візуалізації, 7 – ротова порожнини.

Для роботи інтраоральний сканер приєднується до персонального комп'ютера через USB кабель, який в свою чергу потрібно з'єднати з концентратором живлення. Концентратор живлення – це з'єднувальний компонент, який може приймати одночасно живлення, так і передавати на комп'ютер готове зображення зроблене сканером.

Джерело живлення передається через кабель живлення, потім на медичний адаптер, який перетворює вхідну напругу на потрібну сканеру. Медичний адаптер також підключається до концентратора живлення, який уже й з'єднується з інтраоральним сканером. За допомогою такого підключення, сканер отримує енергію для його роботи, так і передає сформовані зображення на пристрій візуалізації.

Таблиця 1.4.

## Технічні характеристики інтраорального сканеру

<b>Параметр</b>	<b>Значення</b>
Швидкість сканування	До 70 FPS
Технологія сканування	Тріангуляція
Джерело світла	Синій світлодіод
Довжина хвилі	470 нм
Частота	20 кГц
Потужність світла	120 мВт
Розміри (В*Ш*Д)	248 x 42 x 44 мм
Вага	245 г
Точність сканування	10,9 мкм ± 0,98
Область сканування	15 x 13 мм
Час сканування	40 с
Додаткове обладнання	Персональний комп'ютер
Підключення	USB 3.1 Gen1
Системні вимоги комп'ютера(Рекомендовані)	Процесор: Intel Core i9 - 10900K або AMD Ryzen 9 5900X Відеокарта: Nvidia GeForce RTX 2070/2080/3070/3080/3090 вище 8 ГБ ПАМ'ЯТЬ (RAM): 32 ГБ

В якості основного джерела світла, обрано синій світлодіод. Однією з причин переваги технології сканування синього світла над технологією сканування білого світла є те, що синє світло має вузьку довжину хвилі, тоді як біле світло є комбінацією всіх кольорів у видимому спектрі. Завдяки вузькій довжині хвилі синього світла можна ефективніше усувати перешкоди від навколишнього світла. [22].

В якості елементної бази, обрано світлодіод BL-L513UB (рис. 1.30) з синім випромінюванням. Технічні характеристики даного світлодіода представлені в таблиці 1.5.

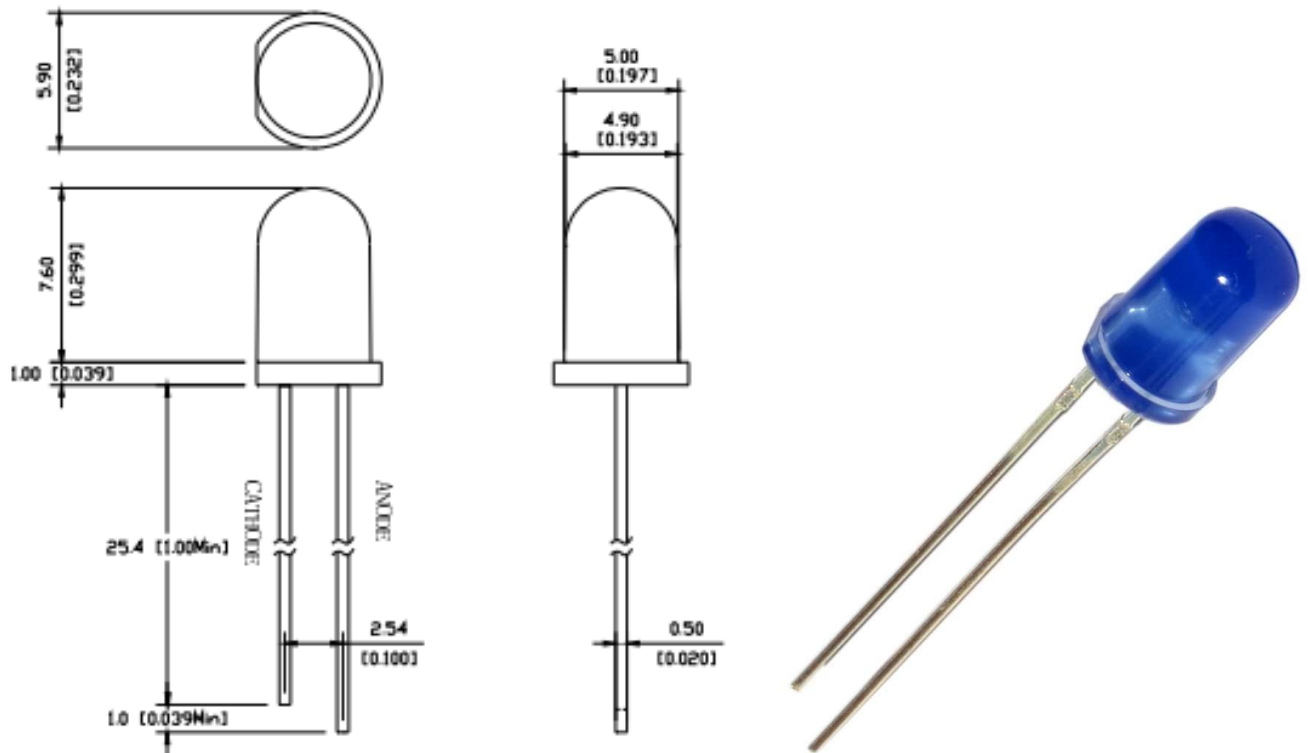


Рис. 1.30 Світлодіод BL-L513UB [23]

Таблиця 1.5

Технічна характеристика світлодіоду BL-L513UB [23]

Параметр	Значення
Колір випромінювання	Яскраво синій
Матеріал	Нітрид індію галію
Тип лінзи	Водопрозора
Довжина хвилі	470 нм
Споживана потужність	2.7 – 4.2 Вт
Інтенсивність люменів	2000 – 5000 (lm)
Кут огляду:	24842 x 44 мм

## 1.8 Розробка структурної схеми інтраорального сканеру.

На рис. 1.31 зображено розробку структурної схеми системи інтраорального сканування, що базується на технології тріангуляції з використанням світлодіода (світлопроектора) (див. додаток ДПБ.ПБ-92.01.1720.003 СХ)

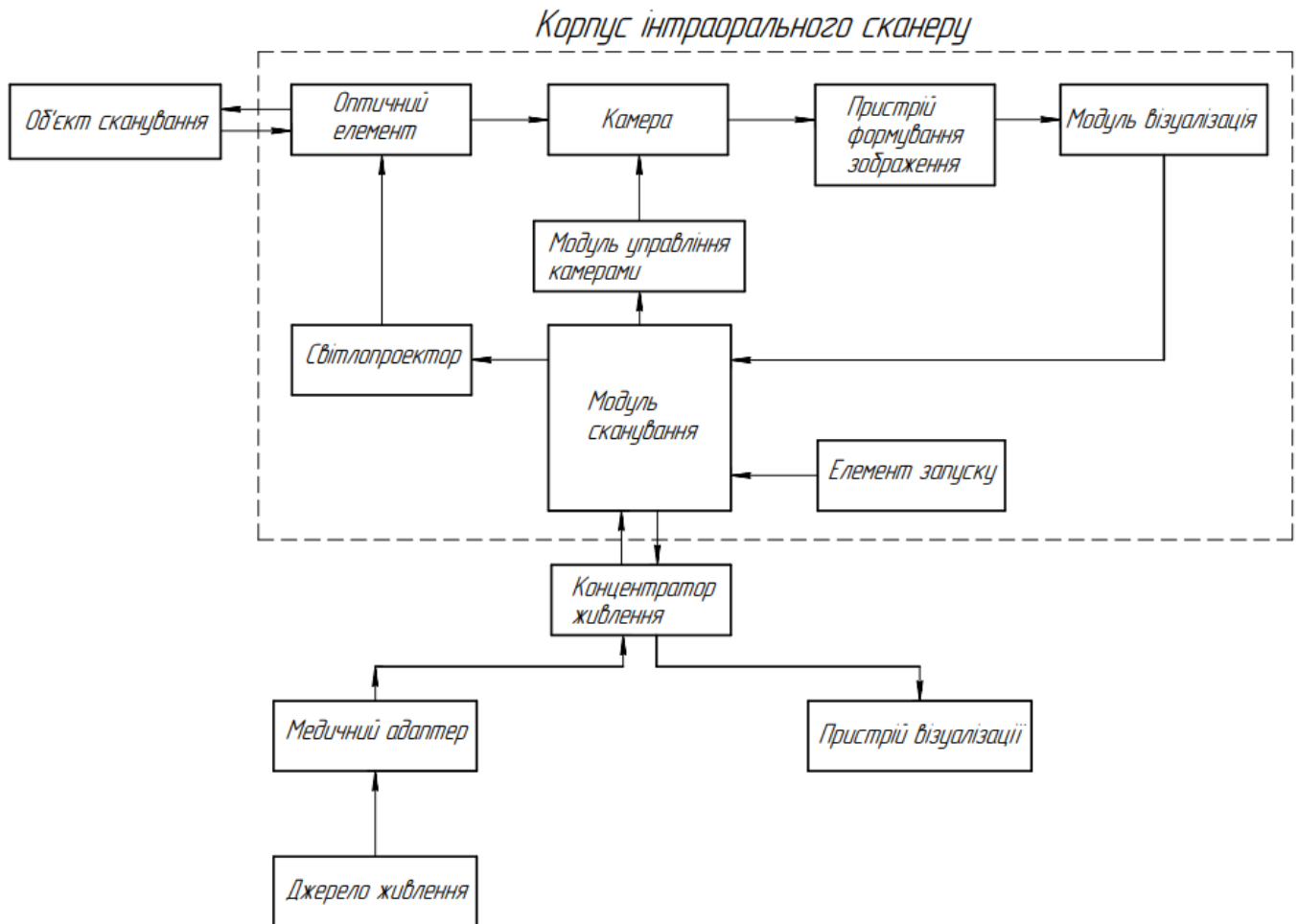


Рис. 1.31 Структурна схема системи інтраорального сканування

Схема працює наступним чином: джерело живлення подає електричну енергію на медичний адаптер, який в свою чергу перетворює її на відповідну напругу та струм, які потрібні для роботи інтраорального сканеру. Далі медичний адаптер з'єднується з концентратором живлення, який служить для одночасного підключення джерела живлення та пристрою візуалізації. Концентратор живлення передає напругу на модуль сканування, який має багато функцій. Перша, коли активується елемент запуску, модуль сканування подає на світло проектор потрібну потужність для випромінювання світла. Друга, подає потрібну напругу на модуль управління

камерами. Далі промені світла від світло проєктора прямують на оптичний елемент, який є відбиваючою лінзою(дзеркалом) і потрапляють на об'єкт сканування у вигляді візерунка ліній. Промені, які відбилися від об'єкта, прямують назад до оптичного елемента, а далі до камери, яка збирає світло, концентрує його та передає на малу відбиваючу лінзу, яка в свою чергу передає світловий потік на пристрій формування зображення. Він передає зчитаний світловий потік, у вигляді пікселів, на модуль візуалізації, який передає сформоване зображення на модуль сканування і уже він передає зображення на пристрій візуалізації, на якому можемо бачити 3D модель об'єкта сканування у реальному часі.

## 1.9 Розробка електричної схеми.

На рис. 1.32 зображено розроблену електричну схему модуля управління камерами інтраорального сканера, яка представлена в додатку ДПБ.ПБ-92.01.1720.004 СХ.

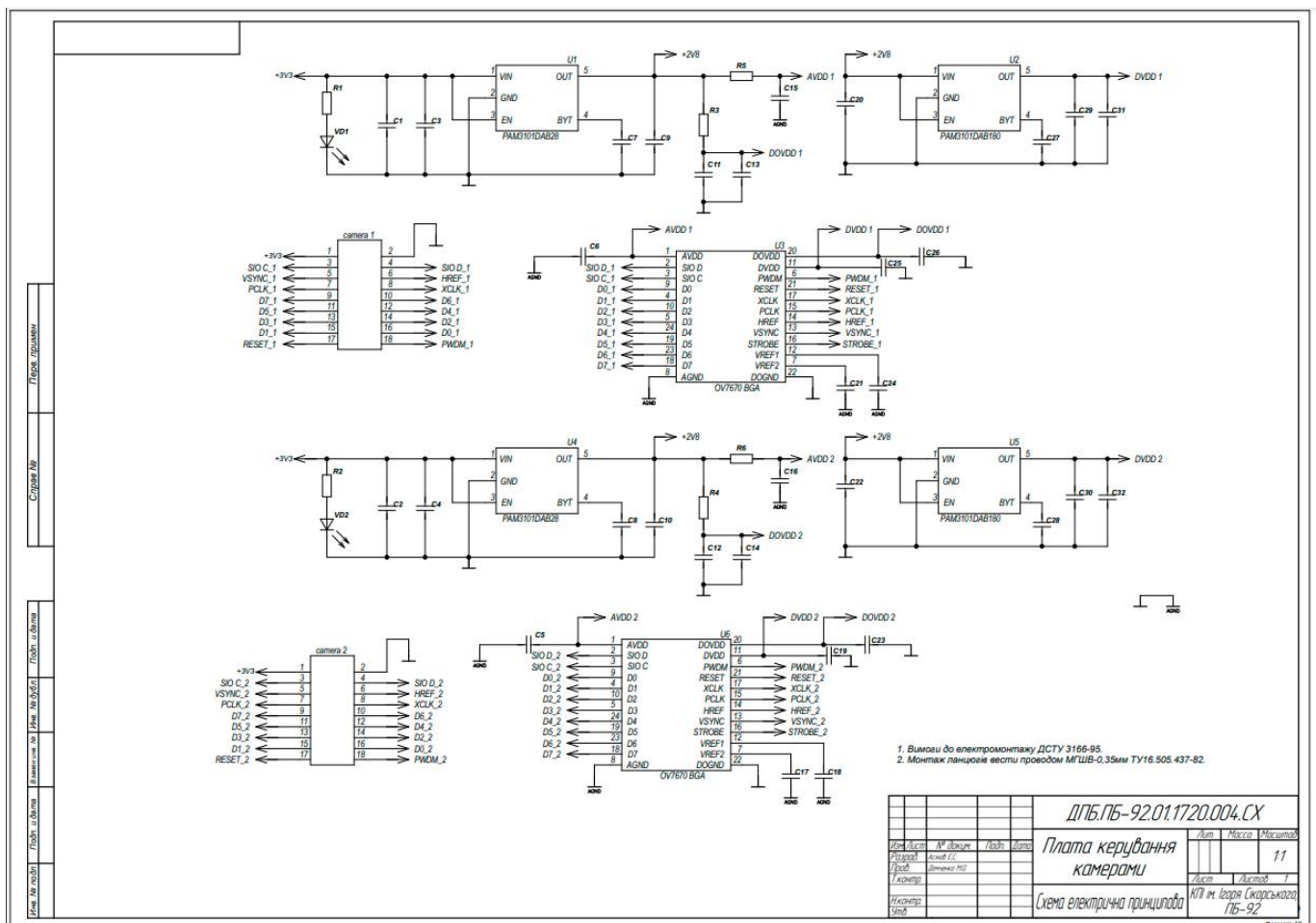


Рис. 1.32 Електрична схема плати управління камерами

Для роботи всього приладу потрібно використати блок живлення, зображений на рис. 1.32, зі змінного 220В, на +5В, і 1А, постійної напруги. В якості елементів VD1...VD4 обрано 1N4007 для випрямлення сигнал із змінного на постійний струм із запасом до 300В. Обрано основну мікросхему LM7805 (DA1), яка перетворює вихідну напругу +5В. Підібрані конденсатори (C1...C4), що виконують задачу зменшення шуму та зниження пульсацій на вході 220В мережі.

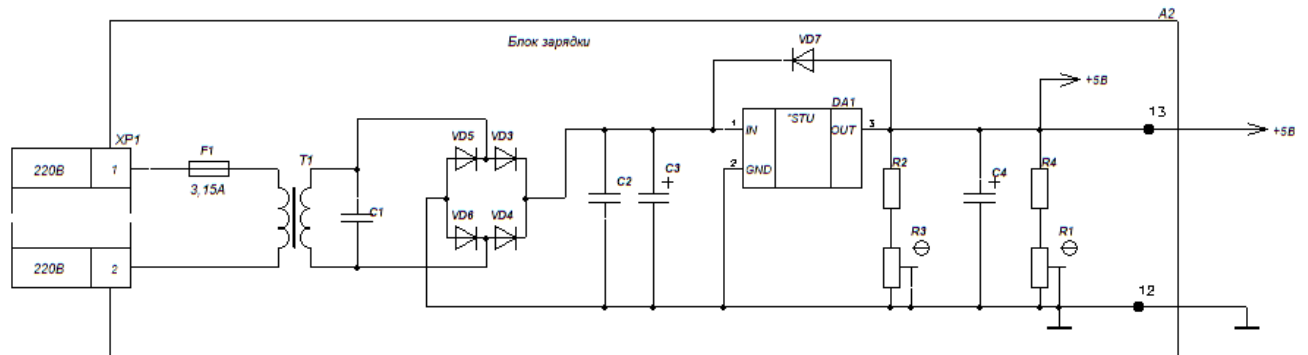


Рис. 1.33 Блок живлення (A1)

Принцип роботи даного блоку організовано наступним чином. На вході мережі змінного 220В сигналу, прохід через трансформатор із вторинної обмотки отримує 5-8 Вт постійної напруги. В змінному сигналі, діоди відсікають у сигналу одну півхвилю, і в нашому випадку нам необхідна позитивна півхвиля, і через мікросхему DA1 вже із постійним сигналом ми отримуємо +5В. Вирішено для більш точного значення напруги поставити змінний резистор R1, так як у платі головного процесора скрізь необхідне живлення +5В, і потрібно працювати з передачею даних по SPI шині. Вона вимагає більш точного та стабільного сигналу.

Для працездатності інтраорального сканеру необхідно забезпечити 3,1-3,3 В. Вся подальша робота головного процесора споживає 3,1-3,3 Вт, та інших периферійних блоків споживати 3,1-3,3 Вт.

На рис. 1.33 зображена схема головного процесору пристрою візуалізації. Він відповідає за обробку даних, які отримує від інтраорального сканеру. Підключення мікроконтролера Atmega8, в корпусі Dip, яка вставляється в комірку. Маємо роз'єм XP3 для програмування SPI. Через ш мікроконтролер надходить сигнал з 5 пальців,

тобто з сенсорів, в програмному коді, відсилається сигнал на драйвер для мотора, драйвер здатний працювати за напругою до 40V. Драйвер має можливість управляти двома моторами, але для нашого завдання вистачить і одного. Відісланий сигнал через драйвер надходить на мотор, який виконує задану функції роботи даного пристрою візуалізації.

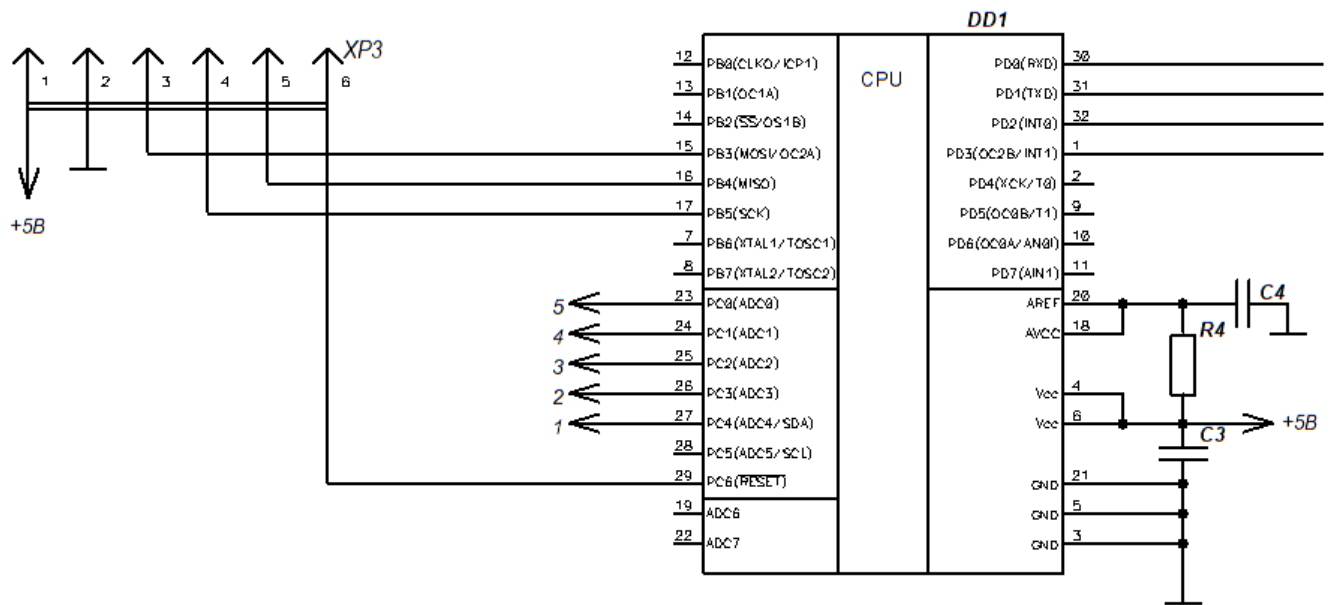


Рис. 1.34 Схема головного процесора пристрою візуалізації

### Проведемо розрахунок джерела живлення.

Для розрахунку ємності конденсатора знадобиться формула:

$$C_{\text{мфк}} = 6400 * I_{\text{н}}(U_{\text{н}} * K_{\text{п}}) \quad (1.1)$$

Формулу (1.1) застосовувати для однієї на півхвилі. Таким чином, основні параметри: коефіцієнт пульсацій  $K = 1-0,001\%$ ; сила струму  $I = 1\text{A}$ , вихідна напруга  $U = 5\text{V}$ . Так як у всі параметри відомі можемо підставити у формулу (1.1):

$$C = 6400 * 1 * (5 * 0.99) = 31680 \text{ мкФ}$$

За формулою (1.1) розраховано потрібна ємність для постановки конденсатора, що згладжує, для однієї підлоги хвилі.

Для розрахунку споживаного струму переконаємося що 1A буде достатньо із запасом.

Для розрахунку резистора R для світлодіода VD напруга 3.3 В, використовуємо супер яскравий зелений світлодіод L-53SGD фірми Kingbright, для комфортної роботи обмежимо струм на світлодіоді VD 10мА, розрахуємо за формулою закону Ома (1.2).

$$I = \frac{U}{R}. \quad (1.2)$$

Так як всі параметри відомі, підставимо формулу (1.2):

$$R = \frac{3.3}{10} = 330 \text{ Ом}$$

Таким чином при 330 Ом потрібно обмежити струм до 10мА, так резистор буде відводити на себе тепло і світлодіод не нагріватиметься. Так буде забезпечено довшу працездатність і падіння напруга буде на резисторі.

На рис. 1.34 зображена VGA камера OV7670 з максимальною роздільною здатністю 640x480 пікселів (0.3 МП) управляється за протоколом SCCB (аналог I2C).

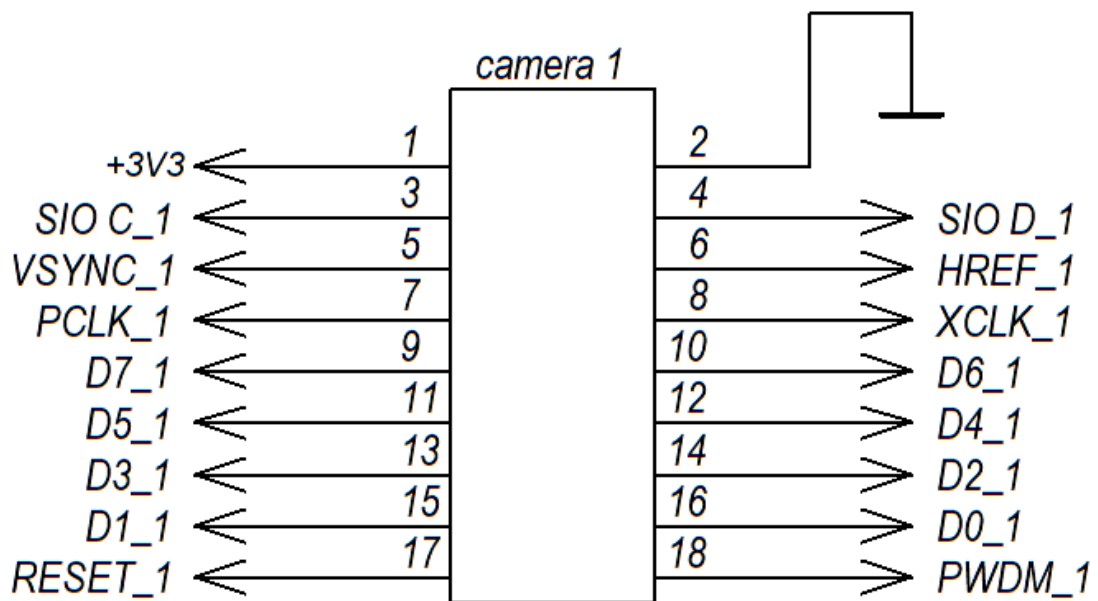


Рис. 1.35 Камера інтраорального сканеру

Камера дозволяє програмується якість зображення, формат даних і режим передачі. Обробка зображення налаштовується записом даних у спеціальні регістри мікросхеми OV7670 за допомогою інтерфейсу Serial Camera Control Bus (SCCB) – аналог шини I2C. Швидкість передачі кадрів встановлюється програмно. Також

доступні формати: QVGA 320x240, CIF 352x240, QCIF 176x144. Роздільна здатність може примусово знижуватися до 40x30 точок.

Дані про кольорі передаються за допомогою встановленої програмістом кодування. Використовуються два основних типи кодування YCbCr та RGB, які мають три варіанти: RGB565, RGB555, RGB444 (цифри передають кількість біт на один колір). Наприклад, RGB565 це 5 біт червоний, 6 біт зелений та 5 біт синій. У разі кодування RGB для передачі даних про колір пікселя потрібно 2 байти. Надсилання кодування кольору YCbCr складніше. За промовчанням встановлено формат VGA 640x480 мм, 30 кадрів, 480 рядків. На виході сигнал із частотою 14,4 кГц. Частота обумовлена параметрами зображення 30 кадрів x 480 рядків = 14400 Гц.

На рис. 1.35 зображений лінійний CMOS-регулятор з високим коефіцієнтом передачі струму 300 мА і низьким струмом падіння.

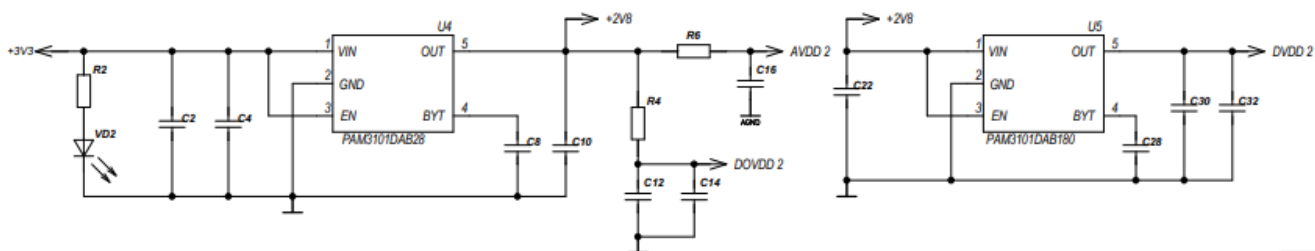


Рис. 1.36 Лінійний CMOS-регулятор

Лінійні стабілізатори позитивної напруги серії PAM3101 мають низький струм спокою (65 мкА) і низьку напругу відключення, що робить їх ідеальними для застосувань з живленням від батареї. Високий PSRR робить їх корисними в системах, де необхідно придушити перешкоди змінного струму на вході джерела живлення. Компактні корпуси TSOT25, SOT-23, SOT-89, SC70 і DFN1.6x1.6-6L привабливі для портативних і ручних застосувань. Вони мають функції теплового вимкнення і обмеження струму для запобігання виходу пристрою з ладу в екстремальних умовах експлуатації. Вони стабільні з вихідним конденсатором 2,2 мкФ або більше [24].

## **2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ**



## 2.2 Аналіз технологічності конструкції інтраорального сканера.

Технологічність конструкції є важливим етапом, коли розглядають масштаб виробництва та програму випуску виробів. Інтраоральний сканер можна вважати технологічним, якщо він має короткий цикл складання, високий рівень уніфікації, можливість використання простих і прогресивних методів виготовлення. Також обов'язково потрібно врахувати стадії технологічного процесу: підготовка, контроль, складання, тестування та інші додаткові, але не менш важливі етапи.

Для інтраорального сканера, який зображений на складальному кресленні рис.2.1 та в додатку ДПБ.ПБ-92.01.1720.005 СК, складемо перелік деталей, складальних одиниць і операцій, вказавши їх уніфікованість та занесемо їх до таблиць 2.1-2.3 відповідно.

Таблиця 2.1

Перелік деталей інтраорального сканера

№	Деталь	Кількість	Уніфікованість
1	Носик передня частина	1	Не уніфікована
2	Носик задня частина	1	Не уніфікована
3	Гвинт	12	Уніфікована
4	Корпус відбиваючою лінзи	2	Не уніфікована
5	Відбиваюча лінза	2	Уніфікована
6	Корпус світлопроектора	1	Не уніфікована
7	Корпус зажимна деталь	2	Не уніфікована
8	Камера	2	Уніфікована
9	Циліндр світлопроектора	1	Не уніфікована
10	Мембрана	1	Уніфікована
11	Корпус засувка	1	Не уніфікована
12	Корпус верхня частина	1	Не уніфікована
13	Кнопка	1	Уніфікована
14	Світлопроектор	1	Уніфікована
15	Гвинт	4	Уніфікована
16	Лінза головна відбиваюча	1	Не уніфікована

17	Корпус нижня частина	1	Не уніфікована
----	----------------------	---	----------------

Таблиця 2.2

Перелік складальних одиниць інтраорального сканера

№	Складальна одиниця	Кількість	Уніфікованість
1	Носик СК	1	Не уніфікована
2	Корпус відбиваючої лінзи СК	1	Не уніфікована
3	Світлопроектор СК	1	Не уніфікована
4	Плата керування скануванням	1	Уніфікована
5	Плата управління камерою	1	Уніфікована
6	Плата візуалізації	1	Уніфікована
7	Корпус верхня частина СК	1	Не уніфікована

Таблиця 2.3

Перелік операцій складання інтраорального сканеру

№	Операція	Уніфікованість
1	Загвинтити	Уніфікована
2	Паяти	Уніфікована
3	Встановити	Не уніфікована
4	Контроль	Не уніфікована
5	Випробування	Уніфікована
6	Маркування	Уніфікована

### **2.3 Розрахунок технологічності конструкції інтраоральний сканер.**

Щоб правильно визначити технологічність конструкції інтраорального сканеру, використовують обов'язкові критерії такі, як: уніфікація вузлів та загальна уніфікація, конструкторська складність та уніфікація одиниць, або операцій. Визначення впливу складності конструкції на трудомісткість складання та правильної оцінки затрат на

технологічний процес допоможе проведення залежності між кількістю одиниць в складі та всієї кількості деталей (2.1) [25]:

$$K_{ck} = \frac{N_{\Sigma q}}{n_{\Sigma q}}, \quad (2.1)$$

де  $N_{\Sigma q}$  – загальна кількість всіх вузлів;

$n_{\Sigma q}$  – загальна кількість деталей.

Відповідно до умов, коефіцієнт збільшення кількості складальних одиниць звичайно буде покращуватися відносно деталей, тому що може скоротитися відведений час на виготовлення та контроль виробу [25]:

$K_y < 0.1$  – технологічність виробу низька;

$K_y = 0.1 \dots 0.2$  - технологічність виробу задовільна;

$K_y > 0.2$  - технологічність виробу добра.

Відповідно до значень з таблиць 2.1 та 2.2, знайдемо коефіцієнт технологічності за формулою (2.1):

$$K_{ck} = \frac{N_{\Sigma q}}{n_{\Sigma q}} = \frac{7}{35} = 0.2.$$

Отже, після розрахунку, значення критерію складності дорівнює 0.2, що вказує на задовільну технологічність інтраорального сканеру.

Наступним етапом розрахуємо критерій загальної уніфікації. На неї впливає загальна кількість деталей і складальних одиниць, врахувавши уніфікації, які покращують цей показник (2.2) [25]:

$$K_y = \frac{N_y + n_y}{n_{\Sigma q} + N_{\Sigma q}}, \quad (2.2)$$

де  $N_y$ ,  $n_y$  – уніфіковані складальні одиниці та деталі;

$K_y < 0.25$  – технологічність виробу низька;

$K_y = 0.25 \dots 0.5$  - технологічність виробу задовільна;

$K_y > 0.5$  - технологічність виробу хороша.

Відповідно до значень таблиць 2.1 та 2.2, знайдемо коефіцієнт технологічності за критерієм конструкторської складності за формулою (2.2):

$$K_y = \frac{N_y + n_y}{n_{\Sigma q} + N_{\Sigma q}} = \frac{3 + 23}{7 + 35} = 0.62.$$

Отже, після розрахунку, значення загального критерію уніфікації дорівнює 0.62, що вказує на хорошу технологічність інтраорального сканеру.

Далі потрібно розрахувати критерій уніфікації складальних одиниць. Визначимо коефіцієнт уніфікації, врахувавши тільки складальні одиниці (2.3) [25]:

$$K_{ув} = \frac{N_y}{N_{\Sigma q}}, \quad (2.3)$$

де  $N_y$  – загальна кількість уніфікованих складальних одиниць;

$N_{\Sigma q}$  – загальна кількість всіх складальних одиниць;

$K_y < 0.2$  – технологічність виробу низька;

$K_y = 0.2 \dots 0.4$  - технологічність виробу задовільна;

$K_y > 0.4$  - технологічність виробу хороша.

Відповідно до значень таблиць 2.1 та 2.2, знайдемо коефіцієнт уніфікації складальних одиниць за критерієм конструкторської складності за формулою (2.3):

$$K_{ув} = \frac{N_y}{N_{\Sigma q}} = \frac{3}{7} = 0.43.$$

Отже, після розрахунку, значення критерію уніфікації складальних одиниць дорівнює 0.43, що вказує на хорошу технологічність інтраорального сканеру.

Тепер розрахуємо критерій уніфікації деталей. Визначимо коефіцієнт уніфікації, врахувавши тільки деталі (2.4) [25]:

$$K_{уд} = \frac{n_y}{n_{\Sigma q}}, \quad (2.4)$$

де  $n_y$  – загальна кількість уніфікованих деталей;

$n_{\Sigma q}$  – загальна кількість всіх деталей;

$K_y < 0.3$  – технологічність виробу низька,

$K_y = 0.3 \dots 0.6$  - технологічність виробу задовільна,

$K_y > 0.6$  - технологічність виробу хороша.

Підставляємо значення в формулу (2.4) з таблиць 2.1 та 2.2 та знаходимо коефіцієнт уніфікації деталей за критерієм конструкторської складності:

$$K_{уд} = \frac{n_y}{n_{\Sigma q}} = \frac{23}{35} = 0.66.$$

Отже, після розрахунку, значення критерію уніфікації деталей дорівнює 0.66, що вказує на хорошу технологічність інтраорального сканеру.

Далі розрахуємо показник уніфікації застосованих складальних процесів, для цього потрібно розрахувати відношення уніфікованих операцій до загальної їх кількості [25].

$$K_{yo} = \frac{K_{ун.оп}}{K_{заг.оп}}, \quad (2.5)$$

де  $K_{ун.оп}$  – кількість уніфікованих технологічних операцій;

$K_{заг.оп}$  – кількість всіх технологічних операцій;

$K_y < 0.5$  – технологічність виробу низька;

$K_y = 0.5 \dots 0.75$  - технологічність виробу задовільна;

$K_y > 0.75$  - технологічність виробу хороша.

Таким чином

$$K_{yo} = \frac{K_{ун.оп}}{K_{заг.оп}} = \frac{4}{6} = 0.67.$$

Отже, значення показника уніфікації дорівнює 0.67, що вказує на задовільну технологічність інтраорального сканеру.

І на останок, підрахуємо комплексний показник уніфікації виробу. Його можна визначити як середнє арифметичне всіх вище порохованих показників:

$$K_{вир} = \frac{\sum K_i}{n} \quad (2.6)$$

де  $n$  – загальна кількість показників технологічності;

$K_{\Sigma K} < 0.3$  – технологічність виробу низька;

$K_{\Sigma K} = 0.3 \dots 0.5$  - технологічність виробу задовільна;

$K_{\Sigma K} > 0.5$  - технологічність виробу хороша.

Тоді

$$K_{вир} = \frac{0.2+0.62+0.43+0.66+0.67}{5} = 0.52.$$

Провівши всі вище зазначені розрахунки можна зробити висновок, що оскільки загальний показник уніфікації інтраорального сканеру становить 0.52, тобто даний інтраорального сканер має хорошу технологічність складання. Завдяки значній

кількості уніфікованих деталей та складальних одиниць, можна зменшити час виготовлення інтраорального сканеру на виробництві [25].

## 2.4 Розрахунок точності складання

Щоб визначити основні критерії показників точності, потрібно дотримуватися стандарт ДСТУ 16320-80, який описує ступінь відповідності параметрів виготовленого виробу вимогам технічних умов та креслень. Розмірний ланцюг є описом геометричної точності складальних робіт. Він з себе представляє сукупність розмірів, які розташовані по замкненому контуру у заданій послідовності [25].

В приладобудуванні, яка направлена на медичну сферу, важливу роль відіграє параметрична точність систем та елементів, які застосовуються в складанні виробу [25].

В даному дипломному проекті було розраховано фізичний параметр електроємності конденсаторів.

Конденсатор керамічний дисковий, який складається з чотирьох шарів діелектрика вираховується за формулою [25]:

$$C = \frac{0,88 * \varepsilon * S * (n-1)}{\Delta}, \quad (2.7)$$

де  $\varepsilon$  – діелектрична проникність;

$n$  – кількість пластин;

$S$  – площа круглої пластини;

$\Delta$  - товщина діелектрика;

$d$  – діаметр круглої пластини.

Оскільки

$$S = \frac{\pi * d^2}{4}, \quad (2.8)$$

тоді

$$C = \frac{0,88 * \varepsilon * \pi * d^2 * (n-1)}{\Delta * 4}. \quad (2.9)$$

Для того, щоб забезпечити правильну роботу інтраорального сканеру потрібно взяти такі параметри, як діелектрична проникність 27, при похибці не більше 0.2, діаметр 10, товщина 1.6, 4 пластини.

Тепер розрахуємо ємність конденсатора за формулою (2.9):

$$C = \frac{0.88 \cdot 27 \cdot 3.14 \cdot 2.5^2 \cdot (4-1)}{1.6 \cdot 4} = 218,6 \text{ пФ.}$$

Сумарну похибку для всіх параметрів  $\Delta \varepsilon = 0.2, \Delta S = 0.2, \Delta d = 0.1$  визначаємо як:

$$Q_c = \frac{0,2}{27} + \frac{0,2}{4,9} + \frac{0,1}{1,6} = 0.11$$

Отже, для того щоб, збільшити точність складання робіт інтраорального сканеру потрібно забезпечити більшу точність для товщини та площі діелектрика.

## **2.5 Розробка схеми структурного складу інтраорального сканера.**

Для того, щоб розробити процес складання потрібно зрозуміти, що виріб складається з складальних одиниць. Вони обов'язково відрізняються своєю складністю. Від складності залежить, де вони будуть розмішені на різних рівнях схеми. Зазвичай найнижчий рівень складається з найпростіших деталей, далі за ними поступово йдуть складальні одиниці, які закупляються, а на останок, всі інші в залежності від складності [25].

На рис. 2.2 представлено розробку схеми структурного складу (ССС) інтраорального сканеру, що розташована в додатку ДПБ.ПБ-92.01.1720.006 СХ, відповідно до його складального креслення, яке представлено в додатку ДПБ.ПБ-92.01.1720.005 СК .

Схема системи інтраорального сканування складається з складальних одиниць таких як: Носик СК поз.А3, Світлопроектор СК поз.А1, Корпус верхня частина СК поз.А2, Плата керування камерами поз.16, Плата скануванням поз.15, Плата візуалізації поз.17, Корпус відбиваючої лінзи СК поз.А4. Також до складу входять окремі деталі: Корпус нижня частина поз.1, Гвинт поз.20, Світлопроектор поз.12, Корпус світлопроектора поз.13, Корпусна зажимна деталь поз.14, Камера поз.6, Циліндр світлопроектора поз.7, Мембрана поз.11, Корпусна засувка поз.8, Гвинт поз.19, Відбиваюча лінза поз.9, Корпус відбиваючої лінзи поз.10, Носик передня частина поз.4, Носик задня частина поз.3, Головна відбиваюча лінза поз.5, Кнопка поз.18, Корпус верхня частина поз.2.

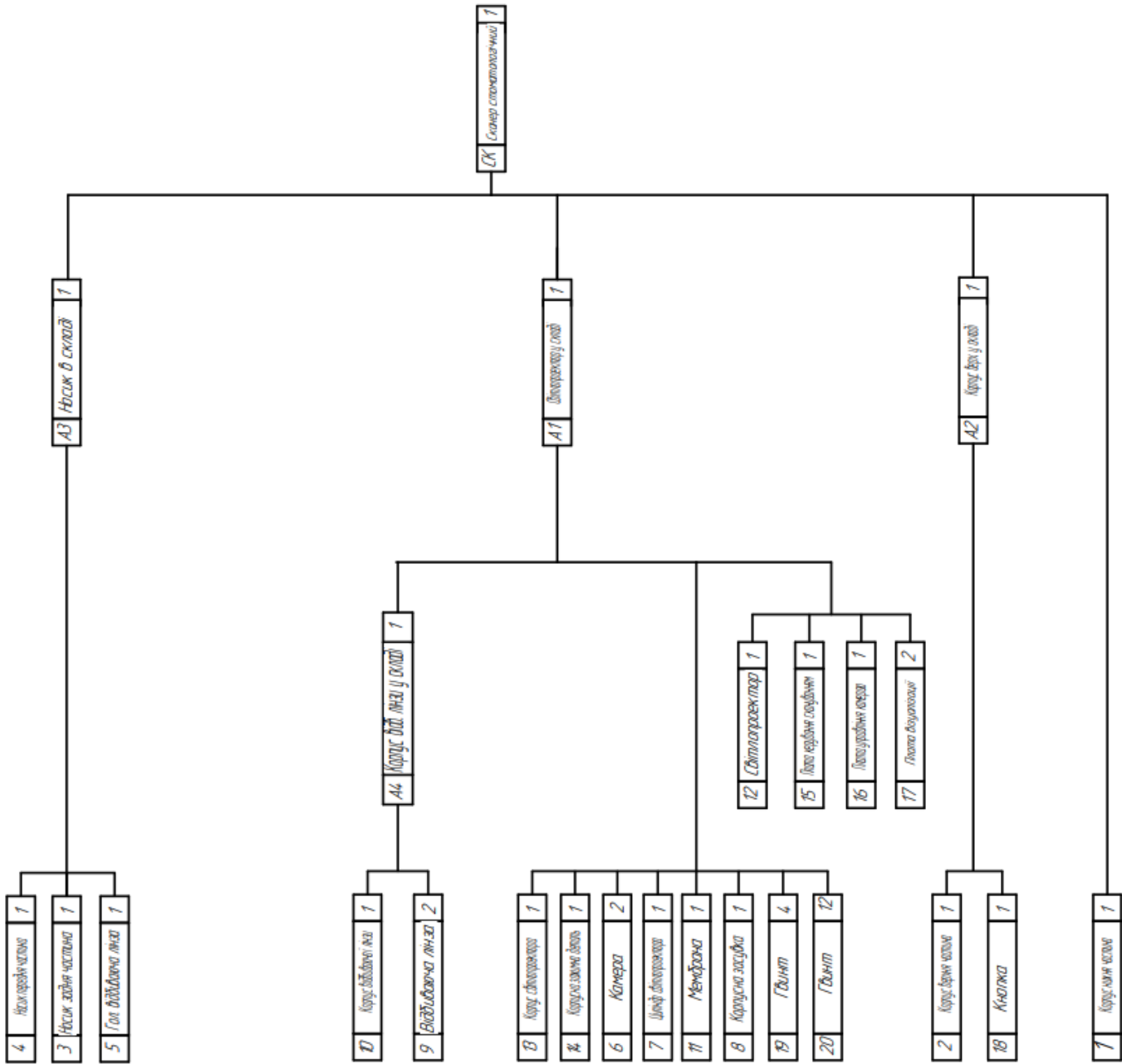


Рис. 2.2 Схема складального складу інтраорального сканера

## 2.6 Розробка технологічної схеми складання інтраорального сканера.

На рис. 2.3 представлено розробку технологічної схеми складання інтраорального сканера, яку представлено в додатку ДПБ.ПБ-92.01.1720.007 СХ, що пояснює процес складання виробу з відповідними складальними одиницями, деталями та видами операцій по встановленню, базуванню та закріпленню відповідних елементів.

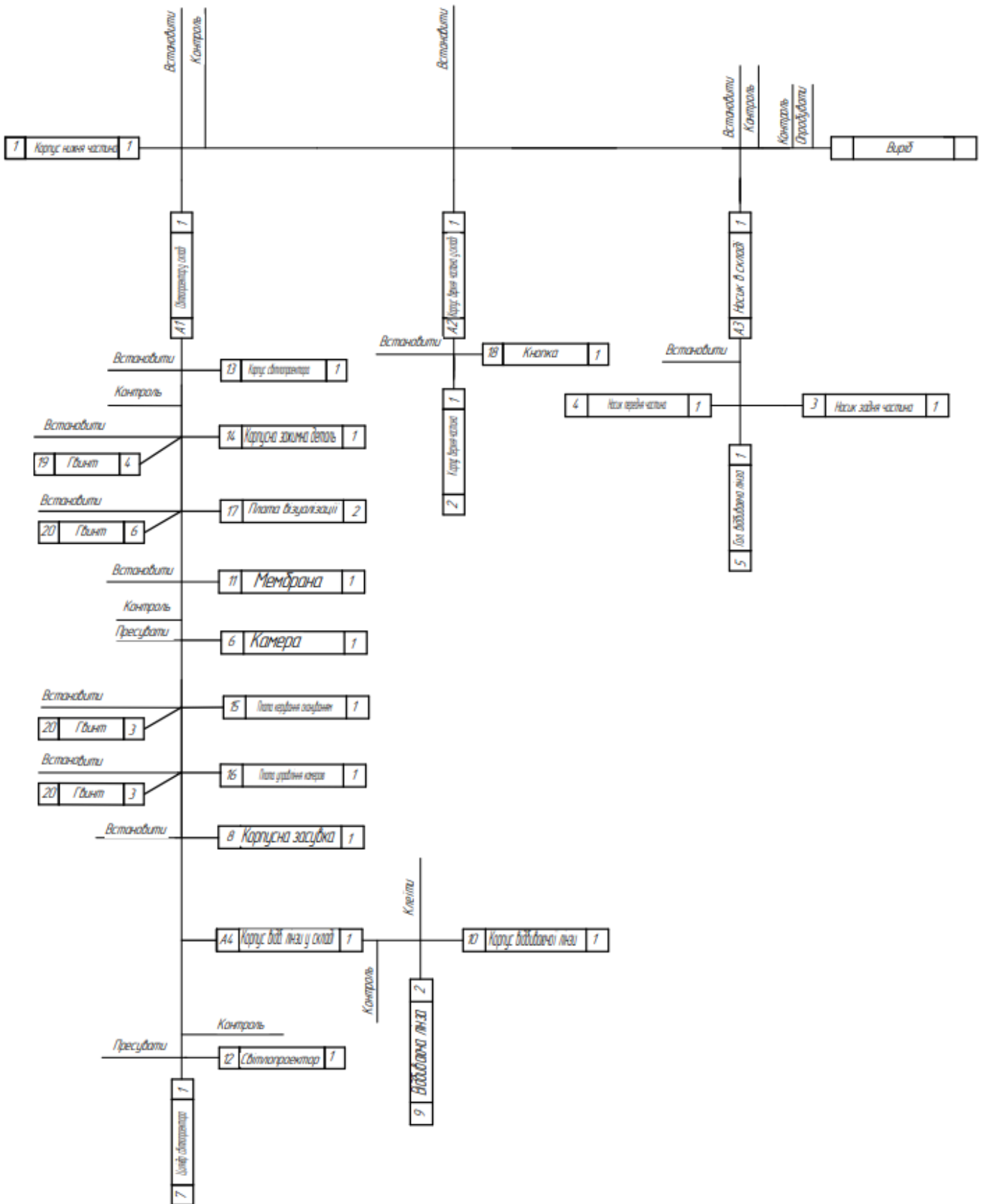


Рис. 2.3 Технологічна схема складання інтраорального сканеру

Для того, щоб спроектувати технологічну схему складання, необхідно обрати базовий елемент та базову лінію складання [25]. Для базової лінії складання було обрано корпус нижня частина під поз.1, як базовий елемент. По-перше, світлопроектор 12 пресуємо в циліндр світлопроектора 7, робимо контроль. Далі збираємо складальну одиницю А4 корпус відбиваючої лінзи. В корпуси відбиваючої лінзи 10 потрібно вклеїти відбиваючі лінзи 9, потім проводмо контрольну операцію. Встановлюємо корпус відбиваючої лінзи 10 в корпус світлопроектора 13. Закріплюємо корпус засувку 8 на корпус світлопроектора 13 та пригвинчуємо плату сканування 15 та плату управління камерами 16 на корпус засувку 8. Пресуємо дві камери 6 в отвори корпусу світлопроектора 13 і робимо проміжний контроль. Встановлюємо мембрану 11 на циліндр світлопроектора 7. Пригвинчуємо дві плати візуалізації 17 на корпус світлопроектора 13. Потім встановлюємо корпус зажимну деталь 14 на чотири гвинти 20. Після контролю складальна одиниця А1 з назвою Світлопроектор в складі готова.

Наступним кроком складаємо складальну одиницю А2 корпус верхня частина в складі. Кнопку 18 вставляємо в корпус верхня частина 2. Скріплюємо корпус верхня частина 2 та корпус нижня частина 1.

І на завершення складаємо останню складальну одиницю А3 носик в складі. Клеїмо головну відбиваючу лінзу на носик передня частина 4. Скріплюємо носик передня частина 4 та носик задня частина 3. Проводимо контрольну операцію(перевіряємо чи все стало на свої місця), проводимо випробування та отримуємо готовий прилад.

## Висновок

Інтраоральне сканування є важливим інструментом у сучасній стоматології. Дана технологія замінює традиційні відбитки і дозволяє отримати точні тривимірні моделі порожнини рота. Ця технологія забезпечує більш зручний, швидкий і комфортний процес для пацієнта, а також покращує точність і ефективність лікування.

В проєкті розроблено інтраоральний сканер на основі оптичного методу сканування з використанням технології триангуляції, який забезпечить швидке та безболісне сканування ротової порожнини та зубів.

У конструктивному розділі розглянуто анатомію ротової порожнини та зубів, захворювання та способі їх уникнення. Описано кожний існуючий метод дослідження ротової порожнини та зроблена схема класифікацій, що включає кожен з них. Розглянуто оптичний метод сканування, який став основою для розробки інтраоральний сканер. Також в роботі досліджено різні технології сканування з використанням оптики. Розглянуто сучасні системи інтраорального сканування, за допомогою яких розроблено загальний вигляд інтраорального сканеру та структурну схему інтраорального сканування. А також розроблено електричну схему плати керування камерами.

Технологічний розділ включає розробку складального кресленика інтраорального сканера. Також проведені розрахунки технологічність приладу та точності його складання. Та описано схему структурного складу та технологічну схему, які є важливими етапом при виробництві інтраорального сканеру.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Oral Structures and Tissues / Arthur R. Hand1 and Marion E. Frank [Electronic resource] – Access mode: <https://pocketdentistry.com/1-oral-structures-and-tissues/>
2. КВНЗ “Новоград-Волинський медичний коледж”/ Ротова порожнина, будова. Органи ротової порожнини [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://wiki.nvmk.org.ua/index.php/%D0%A0%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B0\\_%D0%BF%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B6%D0%BD%D0%B8%D0%BD%D0%B0,%D0%B1%D1%83%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B0.%D0%9E%D1%80%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D0%B8\\_%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D1%97\\_%D0%BF%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B6%D0%BD%D0%B8%D0%BD%D0%B8](https://wiki.nvmk.org.ua/index.php/%D0%A0%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D0%BF%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B6%D0%BD%D0%B8%D0%BD%D0%B0,%D0%B1%D1%83%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B0.%D0%9E%D1%80%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D0%B8_%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D1%97_%D0%BF%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B6%D0%BD%D0%B8%D0%BD%D0%B8).
3. Про зуби / Будова зуба [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.zuby.in.ua/?p=373>
4. Rifkin Dental Blog / 6 Surprising Factors that Can Compromise Your Oral Health [Electronic resource] – Access mode: <https://www.rifkindental.com/blog/6-surprising-factors-that-can-compromise-your-oral-health>
5. National Library of Medicine / Dental Caries / Manu Rathee; Amit Sapra. [Electronic resource] – Access mode: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK551699/>
6. Потапчук А. М. Основи стоматології : навч. посіб., 2-е вид. – Ужгород. – 450 с. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/13185>
7. Young D. A. The american dental association caries classification system for clinical practice / D. A. Young, B. B. Nový, G. G. Zeller // Jada: original contributions/ - 2015 - Vol. 146, no. 2.– P. 79 – 86
8. EOPERIO and dental implants / Gum disease: an illness in different stages [Electronic resource] – Access mode: <https://www.eoperio.com.au/gum-disease/stages>
9. Ruiz Beguerie J. Recurrent Aphthous Stomatitis An Update on Etiopathogenia and Treatment [Electronic resource] / J. Ruiz Beguerie, Mariana Sabas. // FEATURE ARTICLE. – 2015. – P. 1-12.

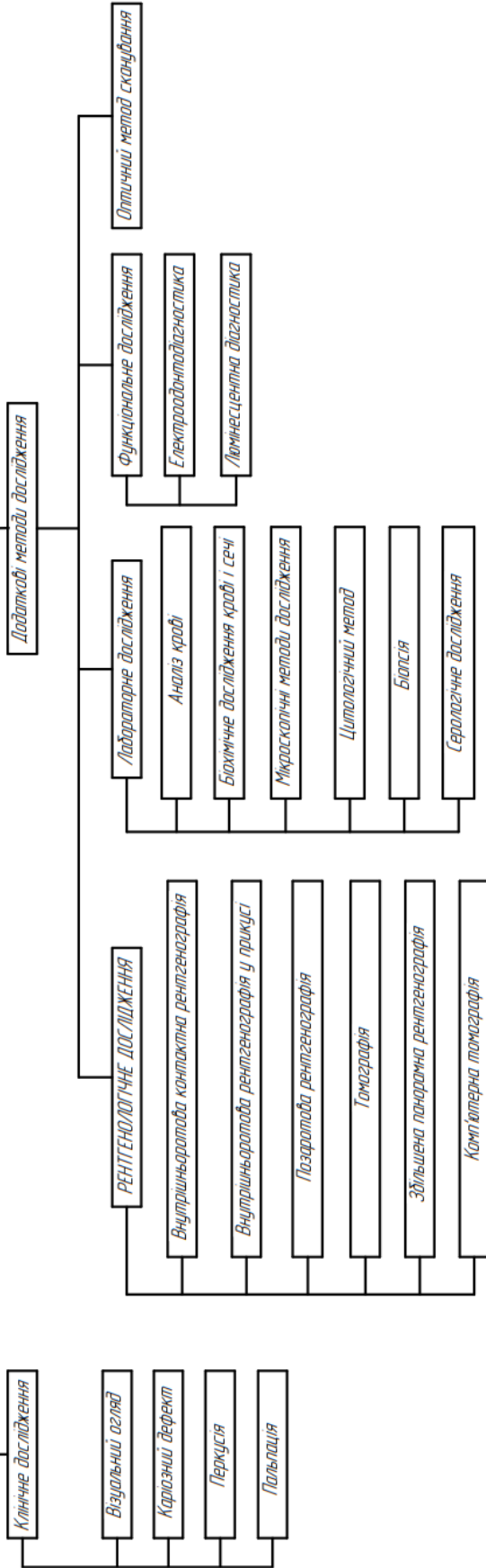
10. Мельник В.С. Методи стоматологічного обстеження дітей / В.С. Мельник, С.Б. Костенко, Л.Ф. Горзов, К.В. Зомбор / Методичні рекомендації до практичних занять з стоматології. – Ужгород : Видавництво УжНУ «Говерла», 2018. – 40 с.
11. Рожко М.М. Ортопедична стоматологія [Текст]: навч. Посіб. / М.М. Рожко, В.П. Неспрядько — К: Книга плюс, 2003. — 552 с.
12. Siddiqui S. N. Digital impressions (Intraoral scan) [Electronic resource]/ S. N. Siddiqui // DentQ – Dental IMAGING LEADERS. - 2023 – Access mode: <https://dentq.com/article/digital-impressions-intraoral-scan/>
13. A Review to Make a Successful Impression [Electronic resource] / R. Richert, A. Goujat, L. Venet, G.Viguie, S. Viennot, P. Robinson, J.-C. Farges, M. Fages, M. Fages. // Journal of Healthcare Engineering / Intraoral Scanner Technologies. – 2017.– Access mode: <https://www.hindawi.com/journals/jhe/2017/8427595/>
14. S. Logozzo 3D intraoral scanners for restorative dentistry / S. Logozzo, I. M Zanetti, G. Franceschini, A. Kilpela // Optics and Lasers in Engineering Recent advances in dental optics
15. Microscopy apparatus [Text] : US Patent 3013467 / M. Minsky. - 1961.
16. 3d dental camera for recording surface structures of an object be measured by means of triangulation [Text] : US Patent 20110242281a1. – 2011.
17. Laser digitizersystem for dental applications [Text] : US Patent OO60900A1. - 2010).
18. Itero element. Flex cpo intraoral scanner + new laptop [Electronic resource] – Electronic resource: <https://www.renewdigital.com/itero-element-flex-foundation-cpo-intraoral-scanner/>
19. Hwang, H. H.-M. An Overview of Digital Intraoral Scanners: Past, Present and Future- From an Orthodontic Perspective [Text] / H. H.-M. Hwang, C.-W.Chou, Y.-J. Chen, C.-C. J. Yao, // Taiwanese Journal of Orthodontics. – 2018. - Vol. 30, no. 3 [Electronic resource] – Available at: [https://doi.org/10.30036/TJO.201810\\_31\(3\).0003](https://doi.org/10.30036/TJO.201810_31(3).0003)
20. Dental Product [Electronic resource] – Access mode: <https://dentalproduct.ua/products/trios-3-wireless-pod-3shape>

21. Dentsply Sirona [Electronic resource] – Access mode: <https://www.dentsplysirona.com/ru-ru/explore/cerec/scan-with-cerec.html>
22. Capture 3D. White light vs Blue light scanning [Electronic resource] – Access mode: <https://www.capture3d.com/knowledge-center/blog/white-light-vs-blue-light-scanning#:~:text=In%20short%2C%20blue%20light%20scanning,accuracy%2C%20and%20higher%20quality%20outputs.>
23. BL-L513. BetLux Electronics. Specification [Electronic resource] – Access mode: <https://shop.evilmadscientist.com/productsmenu/350>
24. Diodes Incorporated. PAM3101. Specification [Electronic resource] – Access mode: [https://www.datasheetcatalog.com/datasheets\\_pdf/P/A/M/3/PAM3101DAB280.shtml](https://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/P/A/M/3/PAM3101DAB280.shtml)
25. Румбешта В. О. Основи технології складання приладів / В. О. Румбешта. – Київ: ІСДО, 1993. – С. 60-61
26. Дипломний проєкт бакалавра: виконання, оформлення та захист : навч. посіб. / Уклад. : С. П. Вислоух, М. Ф. Терещенко, Г. С. Тимчик. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2022. – 64 с.
27. Виробнича практика. Організація, проходження та захист звіту [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні» спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: М. О. Безуглий, Н. І. Бурау, Ю. В. Киричук, М. В. Філіппова. – Електронні текстові дані (1 файл: 704 Кбайта). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 40 с.

# ДОДАТКИ

ДПБ.ПБ-92.01.1720.001.СХ

Класифікація методів дослідження ротової порожнини та зубів

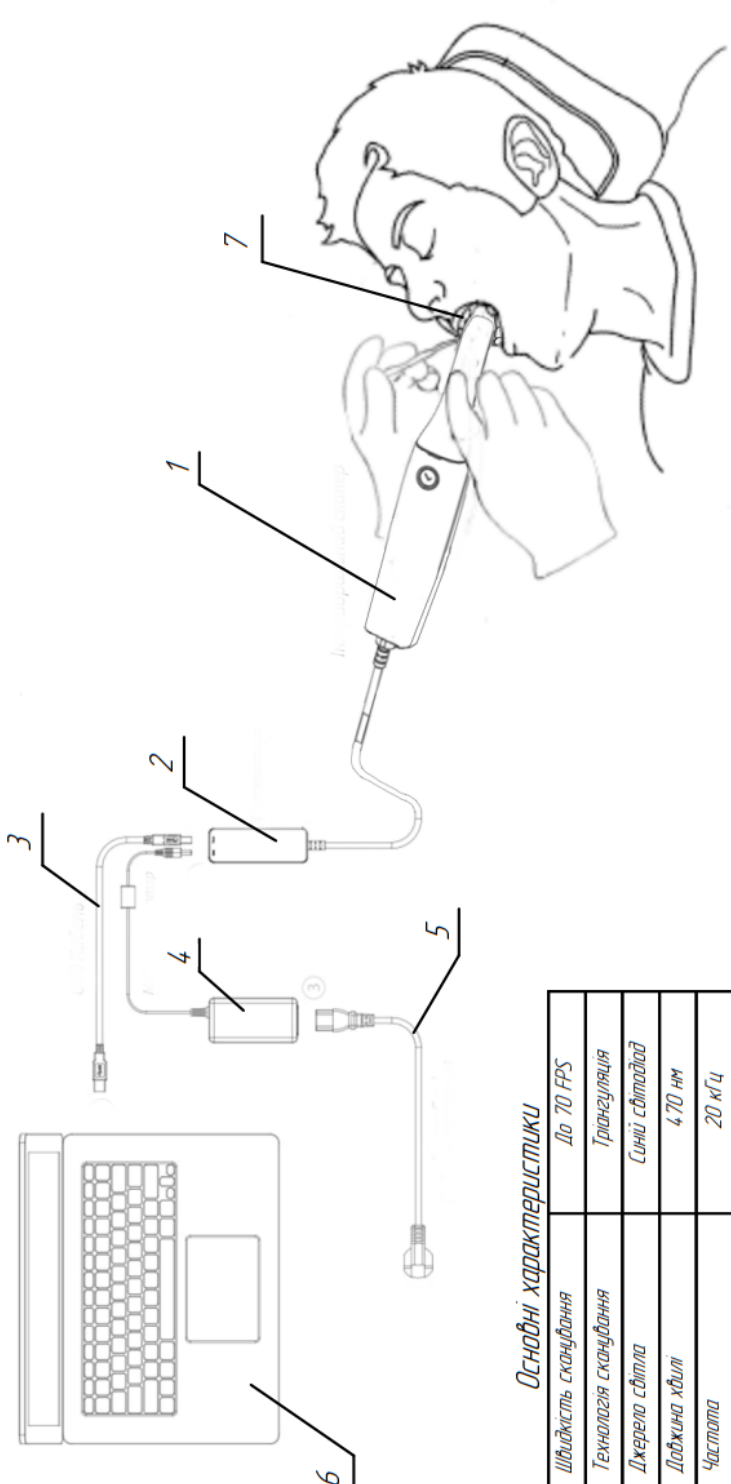


ДПБ.ПБ-92.01.1720.001.СХ		Лист	Масштаб
Класифікація методів дослідження ротової порожнини та зубів		1-1	
Лист	Масштаб	Лист	Листов
1		1	
КПІ ім. Ігоря Скорського, ПБ-92			

Копірабол

Формат А3

ДПБ.ПБ-92.01.1720.002.СХ



**Основні характеристики**

Швидкість сканування	До 70 FPS
Технологія сканування	Триангуляція
Джерело світла	Синій світлодіод
Довжина хвилі	470 нм
Частота	20 кГц
Потужність світла	120 мВт
Розміри (В*Ш*Д)	24,8 x 4,2 x 4,4 мм
Вага	245 г
Точність сканування	10,9 мкм ± 0,98
Область сканування	15 x 13 мм
Час сканування	40 с
Додаткове обладнання	Персональний комп'ютер
Підключення	USB 3.1 Gen1
Системні вимоги персонального комп'ютера	Процесор Intel Core 9 - 1900К до AMD Ryzen 5 5600K Відповідає Nvda GeForce RTX2070/2080/2070/2080/2090 Відео 8 Гб 16МГц/16, 8МГц, 32 Гб

1. Інтраоральний сканер
2. Концентратор живлення
3. USB Кабель
4. Медичний адаптер
5. Кабель живлення
6. Персональний комп'ютер для візуалізації
7. Ротова парафони

ДПБ.ПБ-92.01.1720.002.СХ			
Лист	Масштаб	Лист	Масштаб
№ док.м.	1:1	Лист	Масштаб
Розроб.	А.Снігов Є.С.	Лист	Масштаб
Проф.	Демченко М.О.	Лист	Масштаб
І.контр.		Лист	Масштаб
Н.контр.		Лист	Масштаб
Утв.		Лист	Масштаб
Загальний вигляд системи			
Інтраорального сканування			
КПІ ім. Ігоря Сікорського, ПБ-92			

Копірабат

Формат А3

Лист, примен

Лист, №

Лист, і дата

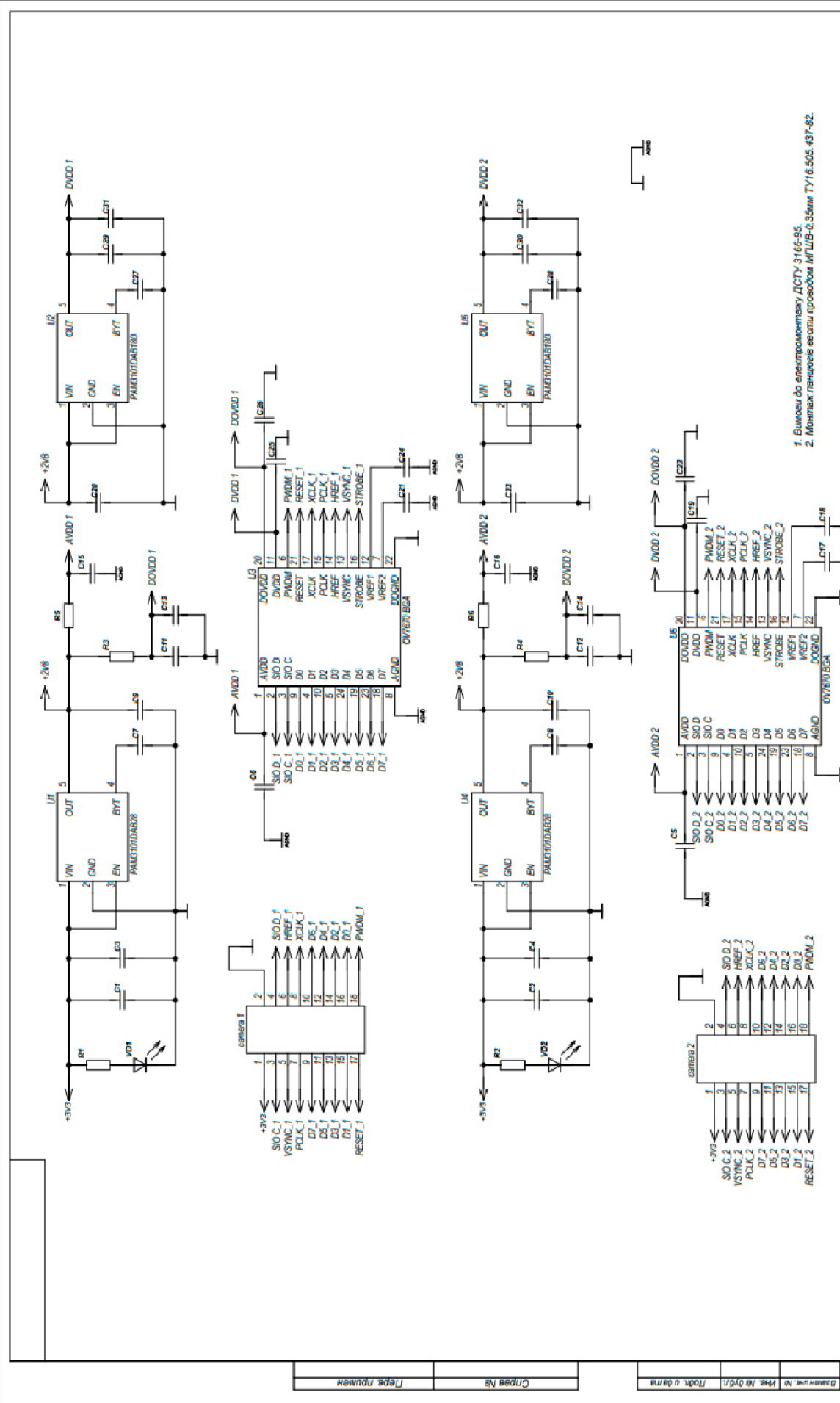
Лист, № відп.

Лист, № №

Лист, і дата

Лист, № подл.



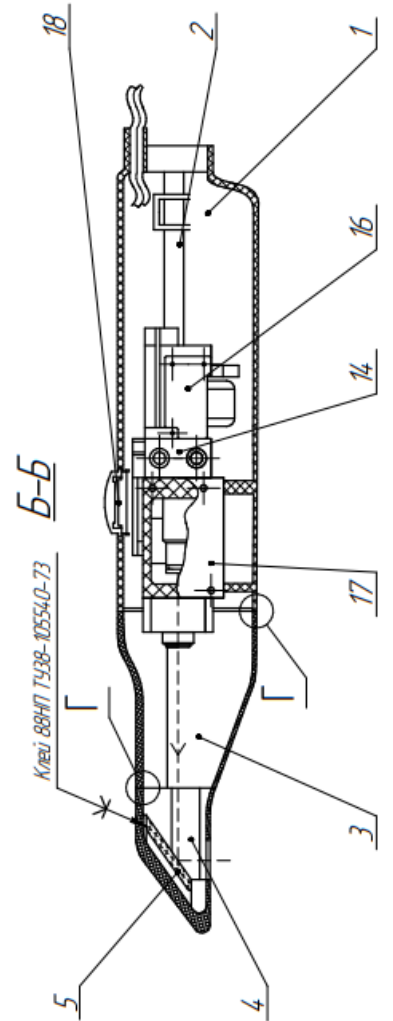
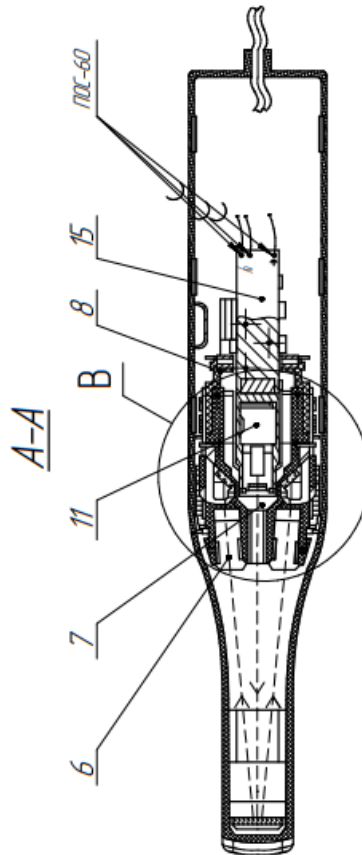
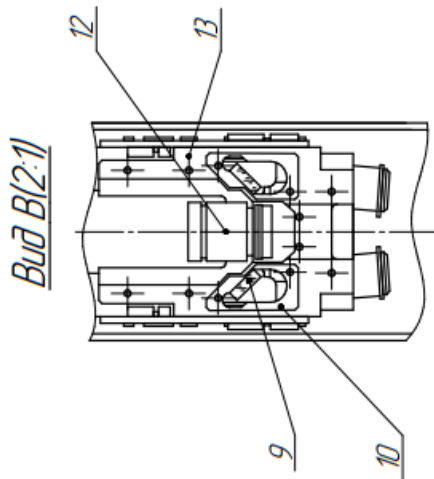
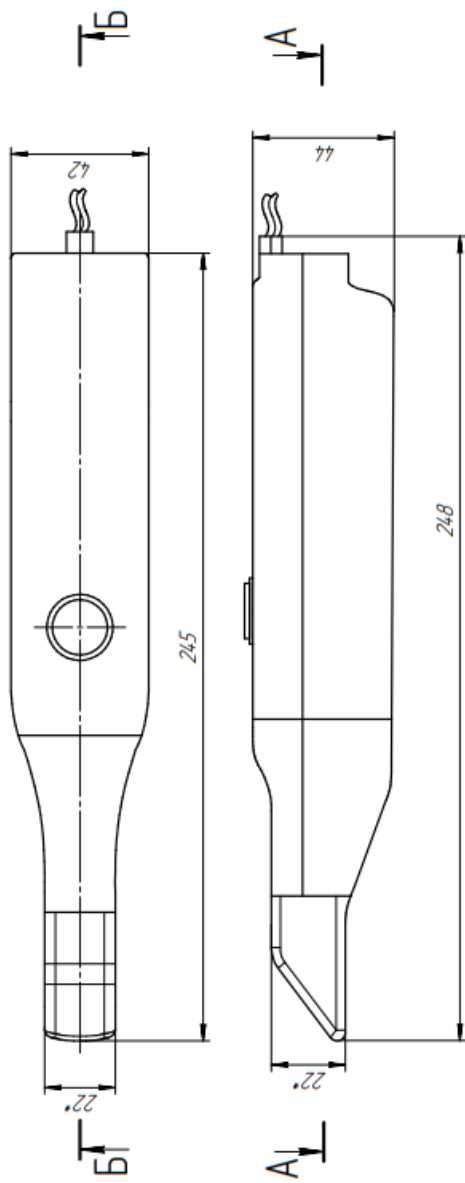


1. Выходы до электромонтажу ДСТУ 3166-98.  
 2. Монтаж паяльником вместо проводов МГЛШВ-0,35мм ТУ16-505-437-82.

Лит.		Масштаб	
Лист		11	
<b>Плата керування камерами</b>			
Схема електронної пристрою			
КП на базі мікропроцесора 116-92			

Кінь № розт.	Розт. у дан.	Вимірюв. №	№№ № розт.	Розт. у дан.
Список №	Список №	Список №	Список №	Список №
Список №	Список №	Список №	Список №	Список №

ДПБ.ПБ-92.011720.005.СК



- \* Розміри для довідок  
 1. Папка по ДСТУ EN ISO 13585:2016  
 2. Місяця папки покрити лаком СБ-Іс ТУ6-10-1236-77.  
 3. Періодичний контроль пристрою.  
 4. Періодичний ремонт після року експлуатації.

№ з/д	№ докум.	Лист	Дата	Масштаб
Розроб.	А.С.С.			1:1
Проєкт.	Д.С.С.			
Лист	1	Листів	6	
Назва	Інтродукований сканер			
Складовий креслений	ІПМ в базі (Україна) ПБ-92			
Складовий креслений	ДПБ.ПБ-92.011720.005.СК			

Лист 1 з 6  
 Формат А2





Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание				
Перо. примен.				Документація						
		A1	ДПБ.ПБ-92.01.1720.005.A1СК	Світлопроектор						
				Складальні одиниці						
	Сторо. №		A4	ДПБ.ПБ-92.01.1720.005.A4.СК	Корпус відбиваючої лінзи					
					Деталі					
			6	ДПБ.ПБ-92.01.1720.005.06	Камера	2				
			7	ДПБ.ПБ-92.01.1720.005.07	Циліндр світлопроектора	1				
			8	ДПБ.ПБ-92.01.1720.005.08	Корпусна засувка	1				
			11	ДПБ.ПБ-92.01.1720.005.11	Мембрана	1				
			12	ДПБ.ПБ-92.01.1720.005.12	Світлопроектор	1				
		13	ДПБ.ПБ-92.01.1720.005.13	Корпус світлопроектора	1					
		14	ДПБ.ПБ-92.01.1720.005.14	Корпусна зажимна деталь	2					
				Інші вироби						
Поди. и дата		15	ДПБ.ПБ-92.01.1720.005.15	Плата керування скануванням	1					
		16	ДПБ.ПБ-92.01.1720.005.16	Плата управління камерою	1					
		17	ДПБ.ПБ-92.01.1720.005.17	Плата візуалізації	2					
		19	ДПБ.ПБ-92.01.1720.005.19	Гвинт М3 5x6 ДСТУ 174 75-80	4					
		20	ДПБ.ПБ-92.01.1720.005.20	Гвинт М16x6 ДСТУ 1174 73-80	12					
Поди. и дата	<b>ДПБ.ПБ-92.01.1720.005.СК</b>									
	Изм.	Лист	№ док.им.	Подп.	Дата					
Инд. № подл.	Разработ.	Асінов Е.С.				Лит.	Лист	Листов		
	Проб.	Демченко М.О.								4
	Нконтр.							КІТІ ім. Ігоря Сікорського, ПБ-92		
	Утв.									
<b>Інтраоральний сканер</b>										





ДПБ.ПБ-92.01.1720.005.05

$\Delta n_e$	-
$\Delta(n_f - n_e)$	-
Однорідн.	-
Двулучепр.	3
$E_A$	-
Безсвільн.	-
Пузирчатість	5Г
N	2
$\Delta N$	0,2
P	IV
O	1

Перв. примен

Справ. №

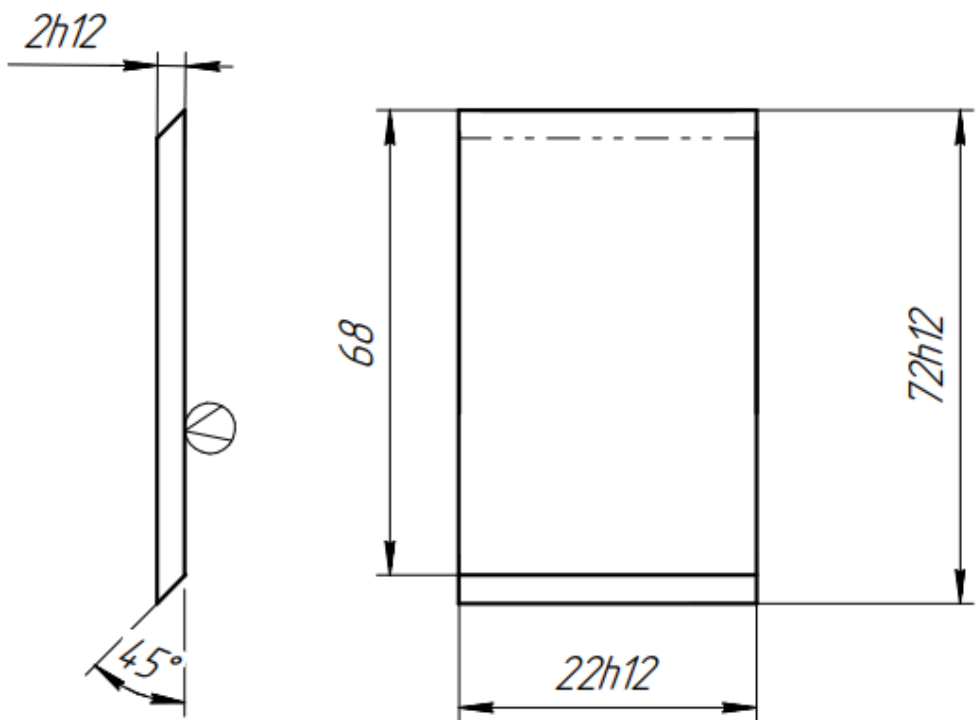
Подп. и дата

Инд. № дубл.

Взам. инд. №

Подп. и дата

Инд. № подл.



1. Фаска на ребрах 0,3x45°
2. Зеркало 1И21Е, р = 80% по ОСТЗ-1901-81

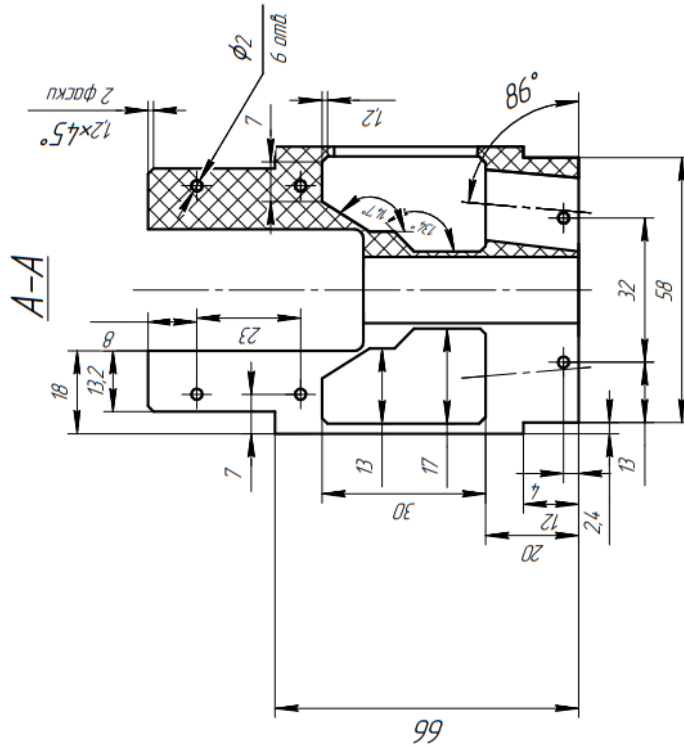
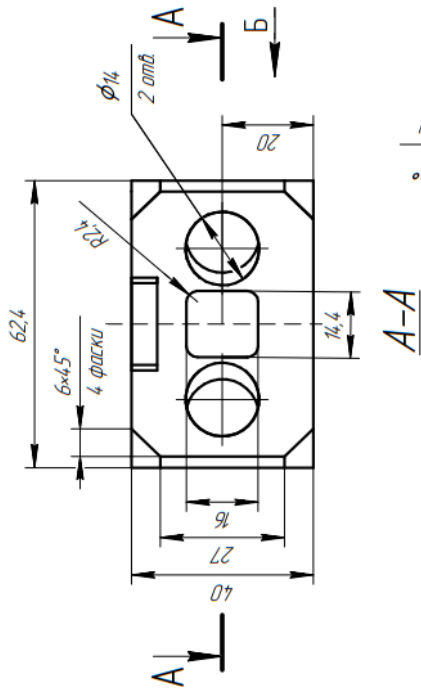
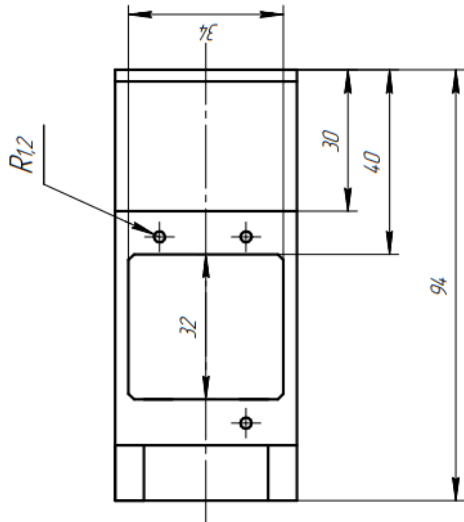
ДПБ.ПБ-92.01.1720.005.05

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Асінов Є.С.		
Проб.		Демченко М.О.		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Лінза головна відбиваюча			Лист	Масса	Масштаб
					1:1
К8 ДСТУ 3514-76			Лист	Листов 1	
			КПІ ім. Ігоря Сікорського, ПБ-92		

111/A

Вид Б



1. Розміри для довідок.
2. Невказані радіуси 1.2 мм.

ДЛБ.ПБ-92.01.1720.005.13		Лист	Масса	Масштаб
Корпус світлопроектора		Лист		1:1
ABS-пластик ISO 1043-12011		Лист		1
КПІ ім. Ігоря Сікорського		ПБ-92		
Формат А3		Колірвал		
Изм./Лист	№ док.им	Подп.	Дата	
Розроб.	А.Слобод.Е.С.			
Проб.	Демченко М.О.			
Т.контр.				
Н.контр.				
Унів.				

ДЛБ.ПБ-92.01.1720.005.13

Лист прунен

Лист №

Лист и дата

Лист № док.

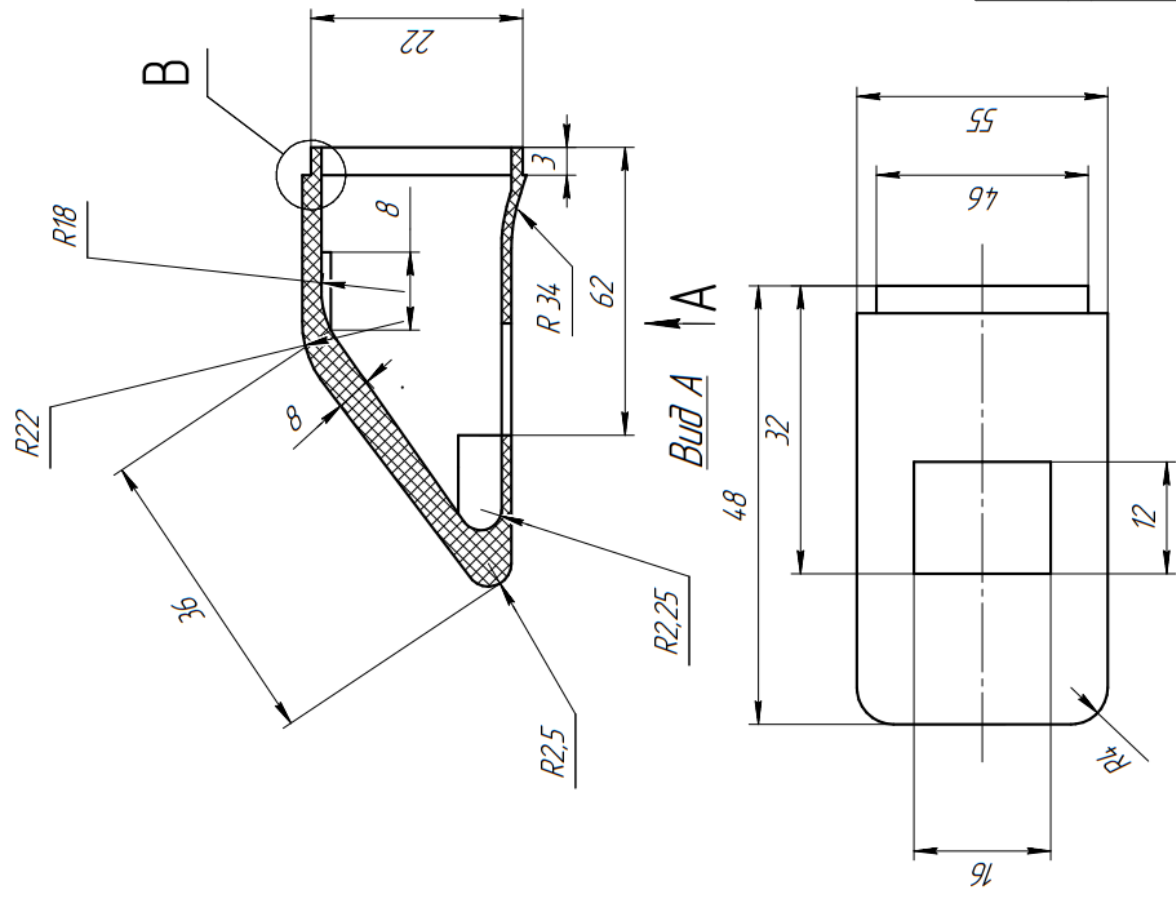
Изд. №

Взят. и дата

Лист и дата

ДПБ.ПБ-92.01.1720.005.04

1/1



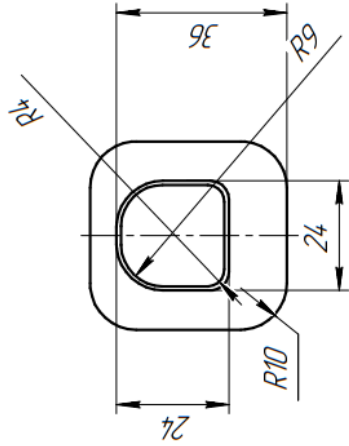
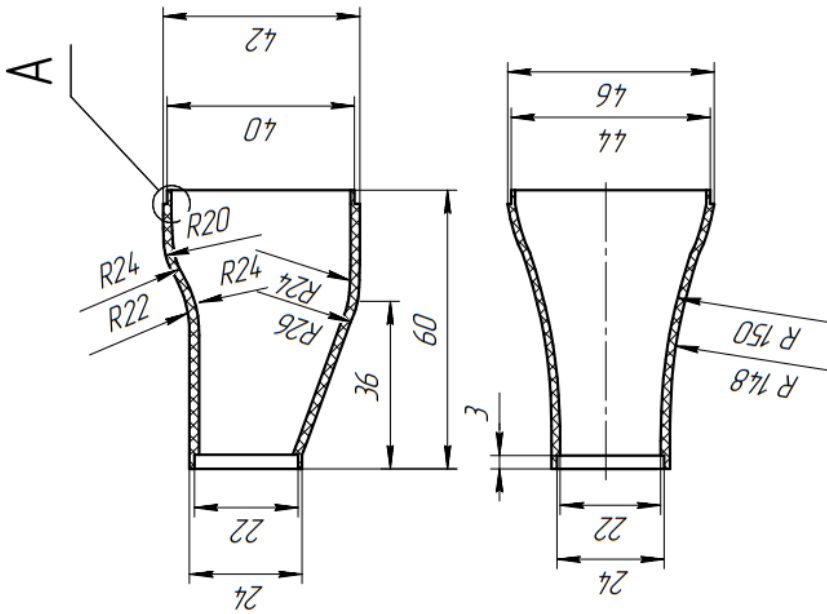
1. Невказані радіуси скруглень 0,2...0,5 мм.

Мат. лист	№ докум.	Поди.	Дата	Лист	Масштаб
Розроб.	Аснуб Є.С.			25 з	1:1
І конгр.	Демченко М.О.			Лист	Листов
І конгр.				1	1
Нконтр.				КПІ ім. Ізбры Сікорського	
Утв.				ПБ-92	
				Котирдан	
				Формат А3	
				ДПБ.ПБ-92.01.1720.005.04	
				Носик передня частина	
				ABS-пластик ISO 1043-1:2011	

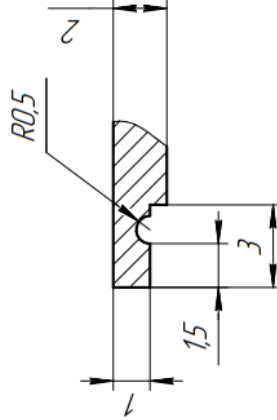
Мат. лист	№ докум.	Поди.	Дата	Лист	Масштаб
Розроб.	Аснуб Є.С.			25 з	1:1
І конгр.	Демченко М.О.			Лист	Листов
І конгр.				1	1
Нконтр.				КПІ ім. Ізбры Сікорського	
Утв.				ПБ-92	
				Котирдан	
				Формат А3	

111A

ДЛБ.ПБ-92.01.1720.005.03



Вид А(6:1)



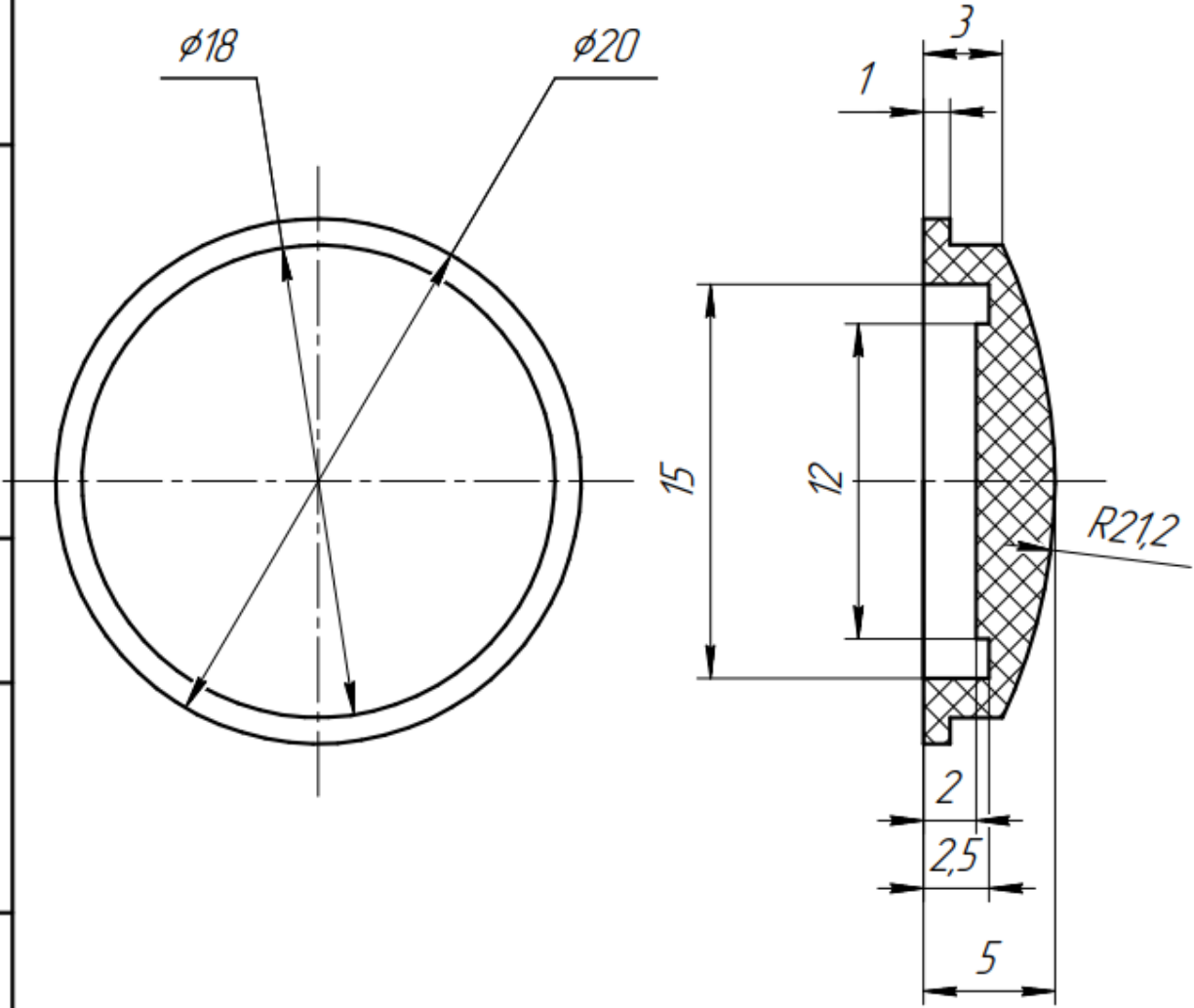
1. Невказані радіуси скруглень 0,2...0,5 мм.

ДЛБ.ПБ-92.01.1720.005.03		Лист	Масштаб
Носик задня частина		Лист	1:1
ABS-пластик ISO 1043-1:2011		Лист	1
КПІ ім. Ізбара Сікарського		ПБ-92	
Формат А3		Копіювати	
Мен. Лист	№ док.м.	Лист	Дата
Розроб.	Аснуб ЄС		
Проб.	Демченко МО		
Т. контр.			
Н. контр.			
Утв.			

ДПБ.ПБ-92.01.1720.005.18

✓(N1)

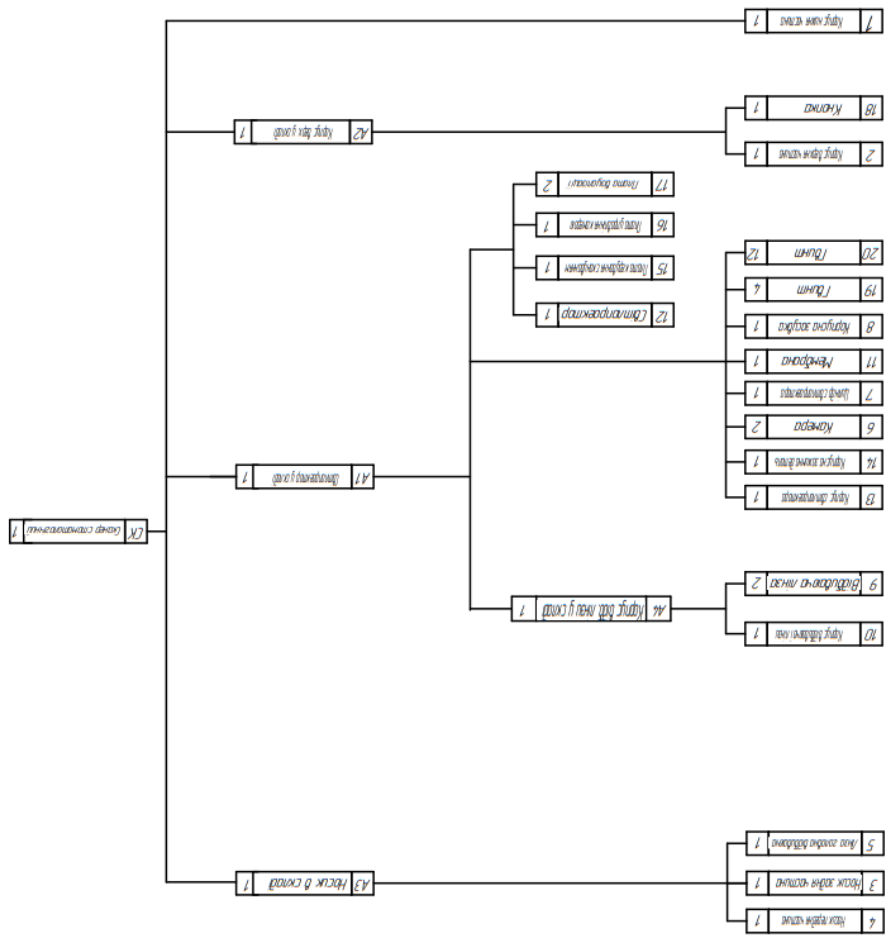
Перв. примеч.  
Справ. №  
Подп. и дата  
Взам. инв. №  
Инв. № дубл.  
Подп. и дата  
Инв. № подл.



- Невказані граничні відхилення розмірів по  $h12$ ,  $H12$ ,  $\pm IT 12/2$ .
- Невказані радіуси скруглень  $0,2..0,4$  мм

ДПБ.ПБ-92.01.1720.005.18				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Асінов Е.С.		
Проб.		Демченко М.О.		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				
Кнопка			Лист	Масса
Гума ДСТУ ISO/TR 17051:2020			Листов	Масштаб
Копіровал			Лист	Листов 1
Формат А4			КПІ ім. Ізгоря Сікорського, ПБ-92	

ДПБ/Б-92011720006.СХ



ДПБ/Б-92011720006.СХ		Лист	Масштаб
Информационный сканер		Лист	11
Схема ступеней складов		Лист	1
КПМ в городе Свердловского		Лист	1
ПБ-92		Лист	1
Фазисит А2		Лист	1

№№ в здании	Возм. № в здании	№№ в здании	№№ в здании
№№ в здании	Возм. № в здании	№№ в здании	№№ в здании
№№ в здании	Возм. № в здании	№№ в здании	№№ в здании
№№ в здании	Возм. № в здании	№№ в здании	№№ в здании

