

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»  
Приладобудівний факультет  
Кафедра виробництва приладів**

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

 Михайло, БЕЗУГЛИЙ

« 19 » 08 2023 р.

**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: «Автоматизована система лазерно-світлової терапії»**

Виконав:

студент ІV курсу, групи ПБ-92

Пашенко Гліб Андрійович



Керівник:

доцент, к.т.н., доцент

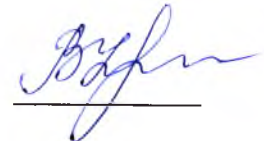
Терещенко Микола Федорович



Рецензент:

*ст. викладач, к. т. н.*

*Васильківська Інна Олександрівна*



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

Студент



Київ – 2023 року



**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Приладобудівний факультету**  
**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» березня 2023 р.

### ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту  
**Пашенку Глібу Андрійовичу**

1. Тема проєкту **«Автоматизована система лазерно-світлової терапії»**, керівник проєкту Терещенко Микола Федорович, доцент, кандидат технічних наук, доцент, затверджені наказом по університету від «30» травня 2023 р. №2057-с
2. Термін подання студентом проєкту 05 червня 2023 року.
3. Вихідні дані до проєкту: Довжина хвиль червоного(Ч)лазерного випромінювання-660 нм і інфрачервоного (ІЧ) -810 нм; Потужність: Ч-випромінювання (3-50) мВт±20%, ІЧ-випромінювання (0-100) мВт±20%, Розбіжність лазерного променя не більше 5мрад±20%;Режими: тривалий – з повторно-коротким навантаженням -1,5 год; Потужність споживання 40В•А; Живлення -220В±10% і 50Гц±2%
4. Зміст пояснювальної записки
  1. **Конструкторська частина:** Основні параметри та характеристики ЛВ. Патентний пошук. Класифікація систем та апаратів низькоінтенсивного випромінювання. Структурно-функціональна схема автоматизованої системи лазерно-світлової терапії. Алгоритми роботи. Напрями автоматизації.

Розрахунок параметрів електричної схеми приладу та лазерного випромінювання.

**Технологічна частина:** Розрахунок сканатора на технологічність. Розробка структурної схеми складання сканера апарату. Розробка технологічної схеми складання сканера апарату . Оцінка точності складання. Висновок

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): Схеми дії лазерного випромінювання, Класифікація методів , апаратів і систем лазерної терапії. Структурно-функціональна схема апарату. Електрична схема. Алгоритми роботи. Загальний вигляд. Складальне креслення сканера. Деталювання. Структурна схема складання. Технологічна схема. Повірка.

6. Дата видачі завдання 03 березня 2023 року.

#### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Огляд та аналіз дії лазерного випромінювання на біологічну тканину	03 березня - 20 березня 2023 р.	вик
2	Патентний пошук	21 березня - 10 квітня 2023 р.	вик
3	Класифікації методів та апаратів і систем лазерно-світлової терапії	11 квітня- 30 квітня 2023 р.	вик
4	Конструкція лазерно-світлової системи Креслення	01 травня- 10 травня 2023 р.	вик
5	Розрахунок параметрів лазерного випромінювання	10 травня- 18 травня 2023 р.	вик
6	Розрахунок параметрів електричних схем	18 травня- 20 травня 2023р.	вик
7	Проведення технологічних розрахунків	20 травня- 24 травня 2023 р.	вик
8	Розробка ССС та ТСС	24 травня- 26 травня 2023 р.	вик
9	Розробка алгоритмів автоматизації. Впровадження.	27 травня- 31 травня 2023 р.	вик
10	Написання і оформлення пояснювальної записки та подача диплому до захисту	01 червня 2023 р.	вик

Студент



Гліб ПАЩЕНКО



## ЗМІСТ

ВСТУП .....	8
РОЗДІЛ 1 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА .....	10
1.1. Основні параметри та характеристики лазерного випромінювання. ..	11
1.2. Дія лазерного випромінювання на біологічну тканину .....	13
1.3. Огляд та аналіз літературно – патентних джерел.....	17
1.4. Класифікація методів лазерно-світлової терапії.....	26
1.5. Огляд , аналіз та класифікація апаратів і систем лазерно-світлової терапії .....	29
1.6. Розробка структурно-функціональної схеми автоматизованої системи лазерно-світлової терапії.....	37
1.7. Алгоритми керування роботою АСЛСТ.....	40
1.8. Розрахунок параметрів лазерного випромінювання. ....	45
1.9. Розрахунок параметрів електричних схем .....	47
1.10. Напрями автоматизації .....	51
Висновок по конструкторській частині .....	55
РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА .....	56
2.1. Проведення технологічних розрахунків .....	57
2.2. Розробка ССС та ТСС .....	61
2.3. Розрахунок параметрів розмірного ланцюга.....	62
Висновок до технологічної частини.....	66
ВИСНОВКИ.....	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	68
ДОДАТКИ.....	72

## АНОТАЦІЯ

Дипломний проєкт за темою «Автоматизована система лазерно-світлової терапії», що містить 88 сторінок, 6 таблиць, 29 ілюстрацій та 33 джерел згідно зі списком використаних джерел.

Метою дипломного проєкту є проєктування автоматизованої системи лазерно-світлової терапії.

Виконано критичний аналіз літературно-патентних джерел. Проведено поглиблений аналіз сучасних апаратів і систем лазерно-світлової терапії. Розроблено класифікацію методів, апаратів і систем лазерно-світлової терапії. Розроблена структура та модифікований алгоритм керування роботою автоматизованої системи лазерно-світлової терапії(АСЛСТ), на технічне рішення, якого отримано патент України №152708 Система лазерно-світлової терапії. Розроблено 3D-модель та виконано складальне креслення, та розроблено технологічну і структурну схеми складання. Проведені розрахунки параметрів електричних схем, лазерного випромінювання і технологічні розрахунки конструкції АСЛСТ.

**Ключові слова:** лазерно-світлова терапія, автоматизована система.

## ANNOTATION

Diploma project on the topic "Automated system of laser-light therapy", containing 88 pages, 6 tables, 29 illustrations and 33 sources according to the list of used sources.

The aim of the project is to design an automated laser-light therapy system.

The aim of the diploma project is to design an automated system of laser-light therapy.

A critical analysis of literary and patent sources was performed. An in-depth analysis of modern devices and systems of laser-light therapy was carried out. A classification of methods, devices and systems of laser-light therapy has been developed. The structure and modified algorithm for controlling the work of the automated system of laser-light therapy (ASLLT) was developed, for the technical solution of which the patent of Ukraine No. 152708 System of laser-light therapy was obtained. A 3D model was developed and an assembly drawing was made, and a technological and structural assembly scheme was developed. Calculations of the parameters of electrical circuits, laser radiation and technological calculations of the ASLLT design were carried out.

**Keywords:** laser-light therapy, automated system.

## ВСТУП

В наші дні медицина постійно розвивається, надаючи пацієнтам більш ефективні методи лікування. Одним з найперспективніших напрямків у фізіотерапії є використання автоматизованих систем лазерно-світлової терапії (АСЛСТ). Дана АСЛСТ та технологія її використання застосовуються для ефективного лікування різних захворювань та надає можливість безпечного проведення процедури.

Зараз, як ніколи, виникає потреба в використанні автоматизованих систем лазерно-світлової терапії. В основі роботи даної системи лежить використання лазерного променя та світлових хвиль певної довжини. Особливість даного методу терапії полягає в тому, що для нього притаманна безболісність, безпечність та здатністю проникати глибоко в тканини організму. Але дані системи мають певні недоліки, що виникають у вигляді побічних ефектів, таких як ушкодження (опіки) біологічної тканини. Тому дані апарати потребують систем автоматизації, які допоможуть значно зменшити побічні ефекти. Завдяки цьому стане можливо широко використовувати для лікування різних патологій, включаючи шкірні захворювання, порушення опорно-рухового апарату, ревматичні захворювання та багато інших відхилень від норми та патологій без побічних ефектів.

Для даного дипломного проєкту метою є суттєва модифікація існуючого апарату лазерно-світлової терапії для забезпечення безпечного використання АСЛСТ за допомогою направлених алгоритмів автоматизації. Після впровадження нових структурних схем та алгоритмів автоматизації розроблений АСЛСТ може контролювати температуру біологічної тканини в зоні дії лазерного променя, що забезпечує його безпечну ефективність використання.

В процесі проектування було проведено: - огляд та критичний аналіз літературно-патентних джерел, запропонована нова структурно-

функціональної схеми АСЛСТ, на технічне рішення якої було отримано **Патент України № 152708 Система лазерно-світлової терапії**, розроблена перспективна головка сканатора, виконаний розрахунок параметрів лазерного випромінювання, розроблена технологічна та структурної схеми складання.

**РОЗДІЛ 1**  
**КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА**

### **1.1. Основні параметри та характеристики лазерного випромінювання.**

За основу розробки в даному проєкті був взятий широко представлений на ринку медичних технологій лазеротерапевтичний апарат «Медик-2к». Особливість даного апарату полягає в тому, що він достатньо компактний і легкий, що виділяє його з поміж інших подібних апаратів.

Основними характеристиками апарату є червоне (Ч) лазерне випромінювання з довжиною хвилі 660 нм та інфрачервоне (ІЧ) випромінювання з довжиною хвилі 810 нм. Потужність Ч лазерного випромінювання коливається в межах від 3 до 50 мВт з точністю  $\pm 20\%$ , в той час як потужність ІЧ лазерного випромінювання коливається від 0 до 100 мВт з точністю  $\pm 20\%$ . Кут розбіжності лазерного випромінювання не перевищує 5 мрад з точністю  $\pm 20\%$  [1].

Даний апарат "Медик-2к" має можливість функціювати в різних режимами роботи. Один з них - тривалий режим, під час якого апарат можна використовувати протягом 1,5 години з повторними короткочасними навантаженнями [1]. Тобто даний апарат можна використовувати з періодичними перервами для охолодження та інших цілей.

Споживана потужність апарату "Медик-2к" становить 40 Вт-А. Для коректної роботи апарату необхідно електроживлення з напругою 220 В, похибка  $\pm 10\%$  та частотою 50 Гц, похибка  $\pm 2\%$  [1].

Лазерне випромінювання є одним з найважливіших факторів, що сприяють розвитку технологій в сучасному світі. Можна сказати, що воно стало основою у багатьох галузях для виготовлення різноманітних застосувань, серед яких найбільше в оптиці, медицині та сучасній промисловості. Також зазначимо, що лазерне випромінювання відрізняється від звичайного світла, так як воно має певні унікальні властивості. Тобто воно є монохроматичним, складається з одного вузького діапазону частот або довжин хвилі, а також є когерентним, тобто всі хвилі у випромінненні

знаходяться в фіксованій фазі, що дозволяє отримати високу спрямованість променю. Слід зазначити, що лазерне випромінювання має ряд основних параметрів та характеристик, що впливають на його формування.

**Довжина хвилі ( $\lambda$ )** – це відстань, на яку поширюється хвиля за період, що відповідає довжині між двома найближчими точками середовища, які коливаються в одній фазі. Вимірюється в нанометрах (нм) або мікрометрах (мкм).

**Потужність (P)** - це значення кількості енергії, яка випромінюється лазером впродовж певного часу та вимірюється в Ваттах (Вт) [2].

**Щільність потужності ( $\theta$ )** – співвідношення потоку випромінювання до площі поверхні, що є перпендикулярною до напрямку розповсюдження. Вимірюється в Вт/см<sup>2</sup>[3].

**Діаметр пучка** – фізична величина, що відповідає розміру поперечного перерізу променю лазера. Вимірюється в міліметрах (мм) або мікрометрах (мкм). Діаметр пучка впливає на концентрацію енергії променя і може мати значення від декількох міліметрів до дрібних долей міліметра.

**Спектр лазерного випромінювання** – це параметр від якого залежить забарвлення лазера. В залежності від довжин хвиль лазерне випромінювання ділиться на діапазони і спектри.

Ультрафіолетовий діапазон: 180-400 нм;

Видимий спектр поділяється на 7 спектральних кольорів:

- 400-450 нм(фіолетовий);
- 450-480 нм (синій);
- 480-510 нм (блакитний);
- 510-575 нм (зелений);
- 575-585 нм (жовтий);
- 585-620 нм (помаранчевий);

- 620-760 нм (червоний).

Ультрачервоний діапазон поділяється на 2 області:

- 760 нм - 15 мкм (ближча область);
- 15-30 мкм (дальня область) [3].

Діапазон випромінювання зображено на рис. 1.1.

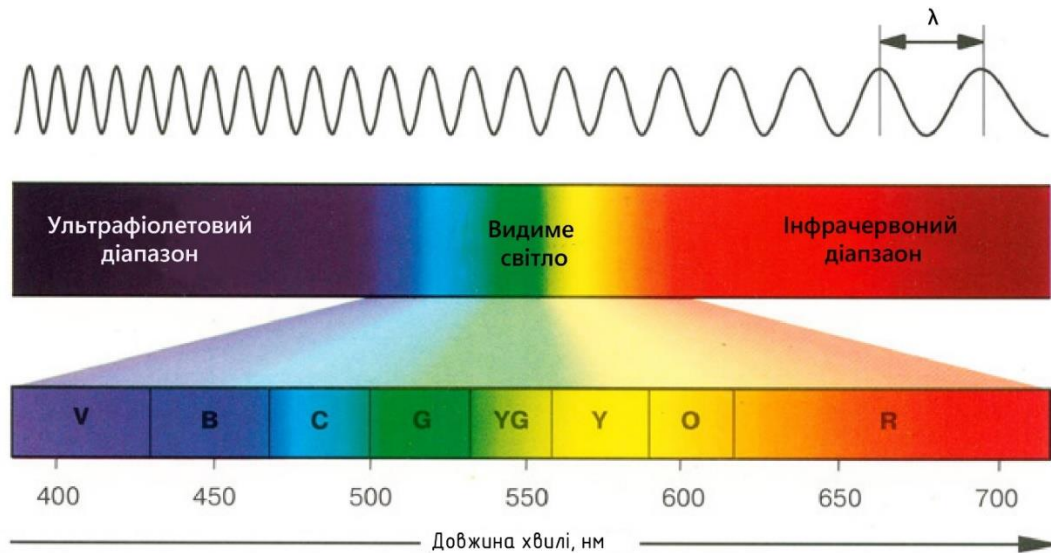


Рис. 1.1. Залежність діапазону випромінювання від довжини хвилі

Таким чином було встановлено, що до основних параметрів та характеристики лазерного випромінювання можна віднести потужність, довжину хвилі, діаметр пучка, а також спектр лазерного випромінювання. Крім того, був обраний апарат «Медик-2к» як основа для розробки АСЛСТ та встановлено параметри та характеристики лазерного випромінювання даного апарату.

## 1.2. Дія лазерного випромінювання на біологічну тканину

Дія лазерного випромінювання на біологічну тканину досліджується в багатьох галузях, включаючи медицину, фізику і біологію. Лазери широко використовуються для різноманітних застосувань, таких як проведення хірургічних процедури та фізіотерапії, лікування, діагностики і дослідження.

Лазерне випромінювання може взаємодіяти з біологічною тканиною на різних рівнях, залежно від його параметрів і характеристик: довжини хвилі,

тривалості і форми пучка та його потужності. Слід зазначити, що глибина проникнення лазерного випромінювання в біологічну тканину (рис.1.2) залежить від довжини хвилі.

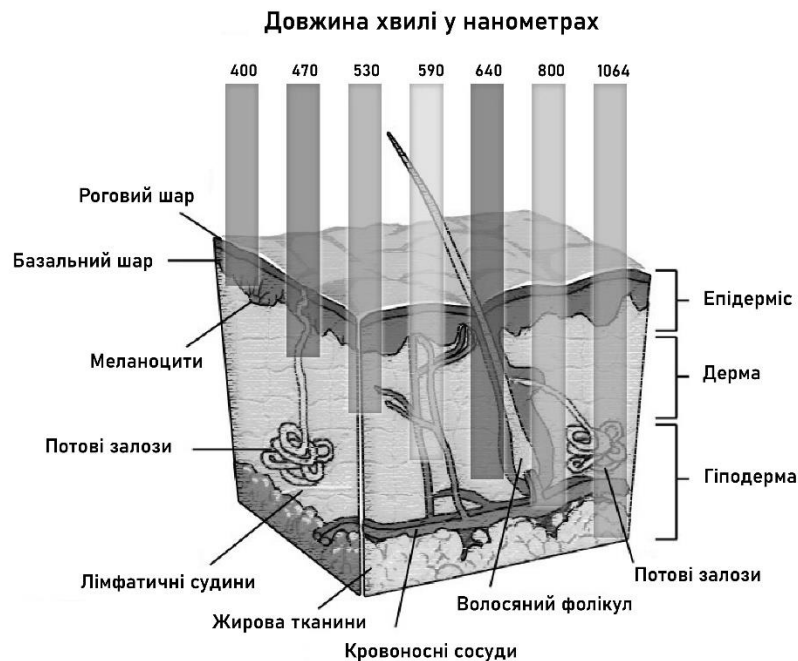


Рис. 1.2. Дія лазерного випромінювання

Взаємодію лазерного випромінювання з біологічною тканиною можна поділити на наступні типи: розсіювання, передача, поглинання та відбивання.

Розсіювання – це випромінювання, що відбувається всередині біотканини та залежить від неоднорідних структур тканини. Воно визначається за допомогою показника заломлення частинок та різницею показника заломлення між частинками та середовищем, що їх оточує. Слід зазначити, хвилі, що мають довжину більшу за діаметр частинки ( $>10$  мкм), розсіюються незначною мірою.

У більшості біологічних тканин розсіювання є важливим фактором у видимій і ближній інфрачервоній областях спектра. На довжинах хвиль від 0,45 до 0,59 мкм розсіювання і поглинання відіграють приблизно однакову роль при проходженні лазерного променя через тканину, але на довжинах

хвиль від 0,6 до 1,5 мкм розсіювання стає домінуючим над поглинанням. Тому основний ефект взаємодії лазерного випромінювання з біологічною тканиною є результатом поглинання тканиною.

Поглинання – ефект, що полягає у взаємодії лазерного випромінювання з тканинам. Даний процес є переважаючим через те, що лише поглинена частка лазерного випромінювання демонструє біологічну дію на організм.

Знаючи значення коефіцієнту поглинання біологічної тканини можна визначити ступінь поглинання світла цією тканиною. Даний параметр взаємодіє з глибиною проникнення лазерного випромінювання у тканини. Чим більше показник поглинання світла певним хромофором (водою, пігментом), тим менш глибоко він проникає в біологічну тканину[4].

Для довжин хвиль в середньому інфрачервоному діапазоні вода є основним хромофором. У видимому і ультрафіолетовому діапазонах спектру переважаючий внесок у поглинання вносять білки. Для прикладу візьмемо епідермальні хромофори, такі як меланін і гемоглобін. Вони здатні поглинати випромінювання від УФ до 1 мкм. Значення коефіцієнтів поглинання в діапазоні від  $10^{-3}$  до  $10^4$   $\text{см}^{-1}$  відповідають за поглинання м'яких тканин і їх основних компонент[5].

Відбивання - основа причина втрат енергії при попаданні лазерного випромінювання на біологічні об'єкти. Коефіцієнт відбиття у видимій і ближній інфрачервоній областях становить 10-30% для більшості внутрішніх органів, а коефіцієнт відбиття очного дна коливається від 2% до 20% для довжин хвиль 0,4-1,0 мкм. Коефіцієнт відбиття шкіри від лазерного випромінювання коливається в межах 10-55% [4]. Крім того, він залежить від випромінюваного спектру, а також від ступеня зморшкуватості і пігментації шкіри, наявності вологи і жиру в шкірі, що в свою чергу залежить від віку і статі.

Також дію лазерного випромінювання на біологічну тканину можна спостерігати на клітинному рівні. Вона виділяється на первинних, що відбуваються під час безпосереднього опромінення, та вторинних механізмах.

До первинних механізмів впливу світла на клітини можна привести наступні:

- активація дихального ланцюга шляхом фотозбудження електронного стану дихального ланцюга, що викликає зміну окисно-відновних властивостей його компонентів;
- вивільнення оксиду азоту (NO), який модулює активність цитохрому С-оксидази;
- підвищення концентрації супероксидних аніонів, пов'язане з активацією дихального ланцюга;
- збільшення продукції синглетного кисню;
- зміни біохімічної активності внаслідок локального нагрівання хромофорів.

Локалізоване, тобто короткочасне підвищення температури біомолекул, що поглинають світло, може спричинити структурні зміни та біохімічні процеси, такі як інгібування або активація ферментів. Лазерне опромінення може викликати значні температурні зміни в тканинах, особливо на рівні окремих клітин. Це може мати значний вплив на константи швидкості біохімічних реакцій, викликаючи деформацію клітинних мембран і зміни електричного потенціалу. Це наочно ілюструє ланцюжок причинно-наслідкових зв'язків у розумінні природи терапевтичних і біостимулюючих ефектів лазерного випромінювання[4].

Наступними клітинними механізмами є вторинні, вони запускаються після поглинання світла в мітохондріях і не потребують подальшої активації світлом. До них можна віднести наступні механізми:

- активація  $\text{Na}^+$  і  $\text{K}^+$  - АТФ-аз;
- збільшення внутрішньоклітинної концентрації АТФ;
- підвищення внутрішньоклітинної концентрації  $\text{Ca}^{2+}$ ;
- деполяризація клітинної мембрани.

Таким чином було досліджено дію лазерного випромінювання на біологічну тканину. А саме було розглянуто біологічні процеси, які відбуваються у біологічній тканині під час впливу на неї, а саме процеси поглинання, розсіювання, відбивання та механізми впливу на клітинному рівні, що дає змогу проаналізувати недоліки сучасних систем лазерно-світлової терапії.

### **1.3. Огляд та аналіз літературно – патентних джерел**

На основі аналізу літературно – патентних джерел було встановлені наступні технічні рішення, які по суті були близькими до розробленого нами апарату.

#### **JP2006015051A «Апарат для фототерапії» 2006 р., Японія**

Поставлена проблема: розробить апарат для фототерапії, який не випромінює шкідливі ультрафіолетові промені нижче 280 нм, але може випромінювати корисні ультрафіолетові промені при 280-400 нм та інфрачервоні промені при 650-1500 нм, усуваючи промені видимого світла між ультрафіолетовими та інфрачервоними променями[6].

Вирішення: апарат для фототерапії має спектроскопічний коригувальний фільтр, який не пропускає ультрафіолетові промені з довжиною довжини нижче 280 нм, пропускає ультрафіолетові промені з довжиною довжини довжини 280-400 нм та інфрачервоні промені з довжиною довжини 650-1500 нм і здебільшого блокує компоненти

найкоротшої довжини хвилі між ультрафіолетом. промені та інфрачервоні промені. Фільтр спектральної корекції має першу область, яка пропускає ультрафіолетові промені, і другу область, яка пропускає інфрачервоні промені на ту саму поверхню[6].

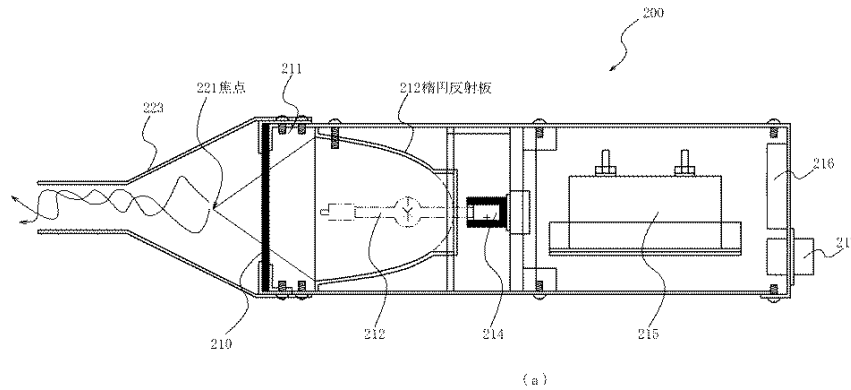


Рис. 1.3. Апарат для фототерапії [6]

Пристрій для фототерапії (рис 1.3), який лікує уражену ділянку шляхом опромінення світлом, включаючи ультрафіолетові та інфрачервоні промені, принаймні одне джерело світла, що має емісійну лінію або безперервний спектр у діапазоні від 280 нм до 2500 нм, і 280 нм спектрально-коригувальний фільтр, який пропускає 280 нм Ультрафіолетові промені ~400 нм та інфрачервоні промені 650 нм ~ 1500 нм не проходять крізь меншу кількість ультрафіолетових променів одночасно і значною мірою блокують принаймні компоненти довжини хвилі між ультрафіолетовими променями та інфрачервоними променями. Коригувальний фільтр має структуру, в якій перша область, через яку проходять ультрафіолетові промені, і друга область, через яку проходять інфрачервоні промені, знаходяться на одній площині, а перша область і друга область по суті рівні. Обладнання для світлотерапії з зонами. Фільтр спектральної корекції має структуру, в якій перша область, що пропускає ультрафіолетове світло, і друга область, що пропускає інфрачервоне світло, знаходяться в одній площині, а перша область і друга область розділені на дві частини. Фільтр спектральної корекції має структуру, в якій перша область, що пропускає ультрафіолетове світло, і

друга область, що пропускає інфрачервоне світло, знаходяться в одній площині, а перша область і друга область розділені на чотири. Прилад для фототерапії, в якому нейтральний фільтр має пропускну здатність від 30% до 70% при 800 нм [6].

**US9949877B2 «Лазерна система фотодинамічної терапії(ЛФТ)» 2018 р., США**

Лазерна система, що містить: лазерне джерело, здатне випромінювати перший лазерний промінь з першою робочою довжиною хвилі та другий лазерний промінь з другою робочою довжиною хвилі; волоконно-оптичний кабель для спрямування та гомогенізації першого та другого лазерних променів; розширювач для збільшення діаметр першого і другого лазерних променів; циліндр для направлення першого і другого лазерних променів і обмеження відповідних діаметрів першого і другого лазерних променів, циліндр розташований на оптичному шляху лазерних променів після розширювача променя; першу оптичну систему для колімації першого лазерного променя і другого лазерного променя, оптична система розташована позаду циліндра на оптичному шляху першого лазерного променя і другого лазерного променя; селектор розміру плями, який містить безліч отворів, при цьому даний селектор розташований після першої оптичної системи по оптичному напрямку першого та другого лазерних променів; другу оптичну систему, яка використовується для фокусування першого і другого лазерних променів в на тканині пацієнта[7].

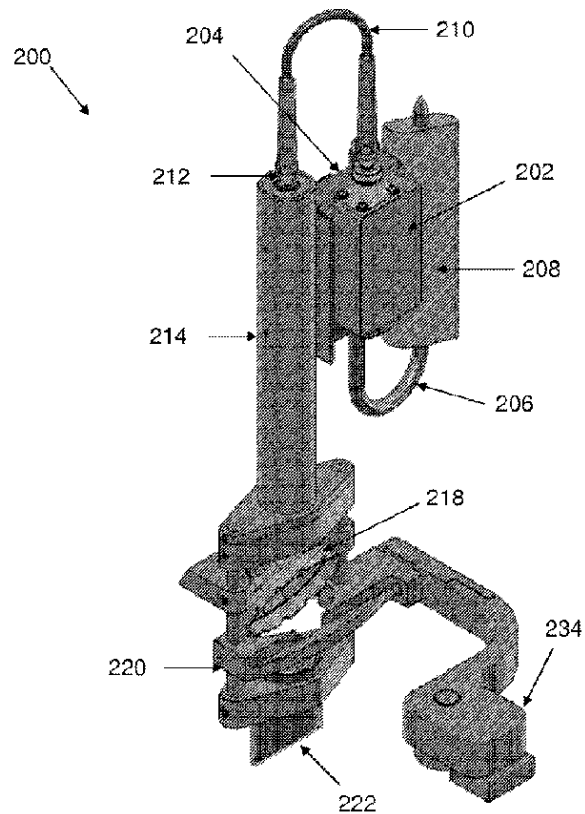


Рис. 1.4. Лазер ЛФТ за US9949877B2 [7]

На рисунку 1.4 зображені повністю зібрані внутрішні компоненти ЛФТ-лазера 200 з лазерною головкою 202, тепловідводом 204, тепловою трубкою 206, ребрами 208, волоконно-оптичним кабелем 210, розширювачем 212, дифузором 214, коліматором (не показаний), колесом діафрагми 218, об'єктивом 220, частково відбиваючим дзеркалом 222 і тонометричним штифтом 234 [7].

**US9084622B2 «Автоматизована система лазерного лікування» 2023 р., США**

Автоматизована система лазерного лікування (рис. 1.5.) є способом автоматичної обробки ділянки шкіри пацієнта лазерною енергією. Спосіб включає визначення ділянки, яку потрібно обробити лазером, моделювання визначеної ділянки шкіри, яку потрібно обробити, і керування лазером для спрямування лазерної енергії на змодельовану ділянку шкіри. Винахід

належить до автоматичного керування лазерними головками для лікування шкіри людини, зокрема лазерного лікування опіків[8].

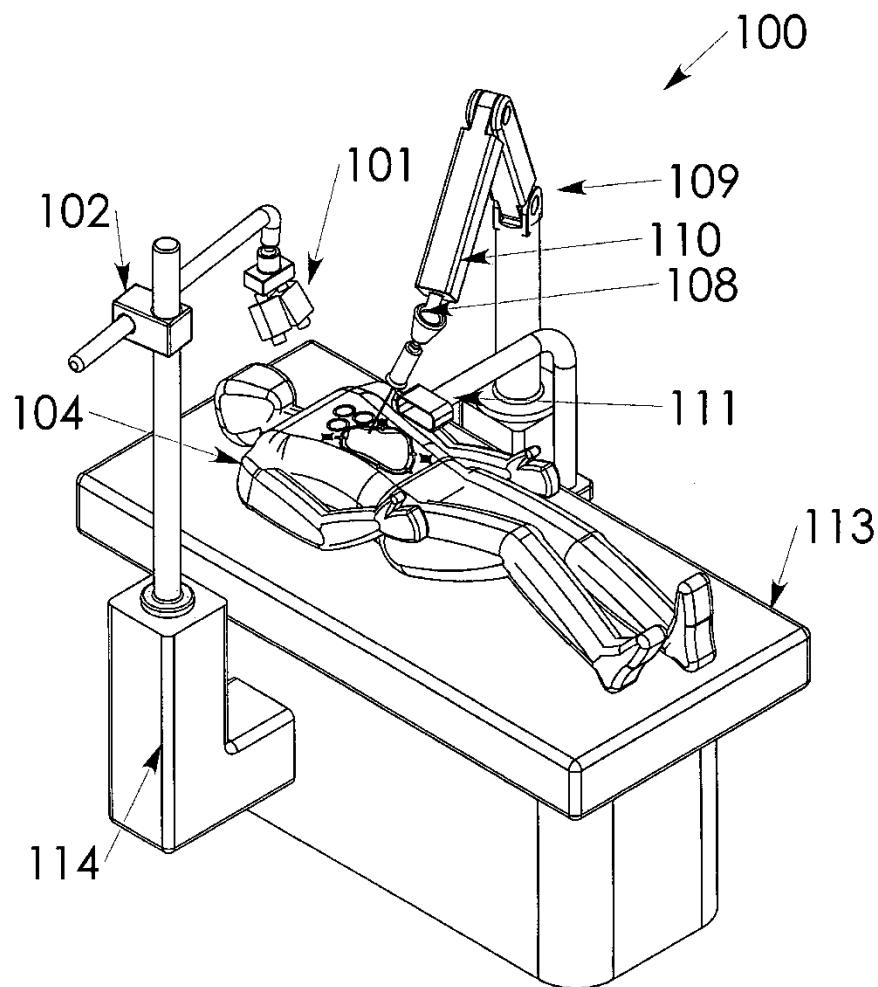


Рис. 1.5. Автоматизована система лазерного лікування[8]

В даній системі для сканування певних ділянок поверхні тіла пацієнта в режимі, що близькому до реального часу, використовується універсальна система технічного зору. Система технічного зору використовується для вимірювання певної ділянки поверхні тіла пацієнта в 3D, створення 3D-карти вказаної ділянки, безперервного моніторингу фактичного положення лазерної головки, зокрема під час лазерного лікування, а також для безперервного і в реальному часі оновлення вказаної ділянки (ділянок) і 3D-карти лазерної головки в разі руху пацієнта, геометричних змін оброблюваної поверхні або небажаного переміщення лазерної головки,

наприклад, внаслідок випадкового зіткнення з опорними конструкціями (для позиціонування лазерної головки роботом, наприклад, внаслідок випадкового зіткнення лазерної головки з опорною конструкцією, передбачено безперервне і в реальному часі оновлення її положення відносно торцевого ефектору робота); а у випадку геометричної зміни та небажаного руху поверхні обробки, наприклад, якщо контролер системи впливає на коригувальну дію через випадкове зіткнення лазерної головки з її опорною конструкцією, або якщо похибка перевищує вибране порогове значення, крок припинення процесу обробки для безпечної роботи з картою поверхні обробки та кількістю траєкторій і відповідними параметрами системи, встановленими лікарем/хірургом або медичним персоналом та протоколом лікування пацієнта[8].

**EP2548617B1 «Система лазерної терапії з УФА та лазерним світлом» 2014 р., Європейський Союз.**

Даний винахід по суті відноситься до системи лазерної терапії, що містить перше джерело світла в діапазоні УФА та друге джерело світла з другим діапазоном довжин хвиль, оптику і блок управління і навігації. Система здатна позиціонувати і наносити сфокусований світловий пучок у вигляді світлової плями на шкіру або тканину шкіри. Це дозволяє проводити фізіологічно та анатомічно точне ремоделювання структури шкіри[9].

На рис. 1.6. зображено систему лазерного лікування у вигляді блок-схеми з різними компонентами, в якій промінь світла випромінюється з або за адаптерною пластиною, розміщеною на ділянці шкіри, що включає епідерміс і дерму. У нижній частині зображення зображено монітор, який отримує дані від системи камер і відображає ділянку шкіри, навігаційний контролер і окремий дозатор для дозування препарату[9].

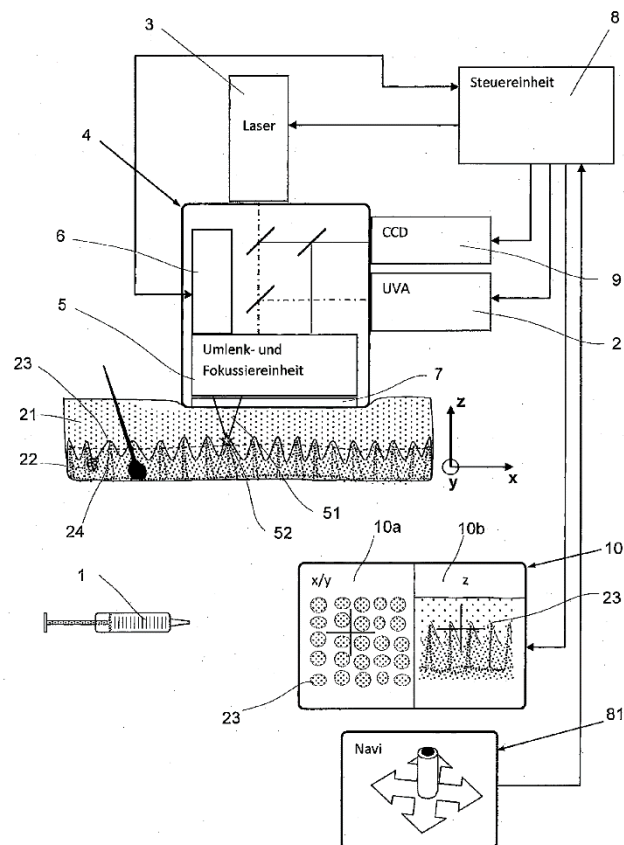


Рис 1.6. Система лазерної терапії з УФА та лазерним світлом[9]

Ця система містить окремий дозуючий пристрій 1 для дозування засобу, що містить фотосенсибілізуючий засіб, перше джерело світла 1 як контрольне джерело ультрафіолетового випромінювання з першою оптичною довжиною хвилі в діапазоні ультрафіолетового випромінювання, друге джерело світла 3 як контрольне лазерне джерело з другою оптичною довжиною хвилі, оптичну систему 4, до якої під'єднані перше джерело світла 2 і друге джерело світла 3, і світлові потоки (також звані пучковим світлом), отримані оптичною системою 4, надсилаються на виході оптичної системи 4 до перехідної пластини 7. Таким чином, відповідне ультрафіолетове світло першого джерела та/або другий лазерний промінь другого джерела 3 переважно виходить із системи лазерної обробки у вигляді сфокусованого світлового пучка 51 за перехідною пластинною 7 і має світлову пляму 52 у фокусі за перехідною пластинною 7. При цьому сфокусовані світлові пучки 51 для першої та другої довжин хвиль світла переважно мають однакову

фокусну відстань та положення фокусної точки 52 в системі координат  $x/y/z$ . Перехідна пластина 7 виконана з матеріалу, який є високопрозорим для використовуваної довжини хвилі світла, переважно з сапфірового скла і також переважно добре переноситься шкірою. Можна також передбачити додаткову шкірну адаптерну пластину або фольгу між адаптерною пластиною 7 і шкірою пацієнта. Переважно, адаптерна пластина 7 і вся система лазерного лікування призначені для використання для лікування шкіри пацієнта. Ділянка шкіри, що обробляється під перехідною пластиною 7, складається в основному з епідермісу, епідермісу 21 і дерми 22 з вузлуватими сосочками 23 і точковими кровоносними судинами 24[9].

**US20030199946A1 «Терапевтичний світловий прилад» 2004 р., США**

Терапевтичний світловий прилад (рис. 1.7) - пристрій, який обробляє тіло людини або тварини інфрачервоним випромінюванням від масиву світлодіодів (LED), встановлених на головці аплікатора. Головка кріпиться до ручки за допомогою гнучкої шийки, яка утримує її на місці; до ручки або головки аплікатора кріпиться батарея для живлення світлодіодів. Лінза-фільтр прикріплена до головки аплікатора для фільтрації небажаного інфрачервоного випромінювання; групи світлодіодів випромінюють хвилі різної довжини та інтенсивності для забезпечення ефективної картини випромінювання[10].

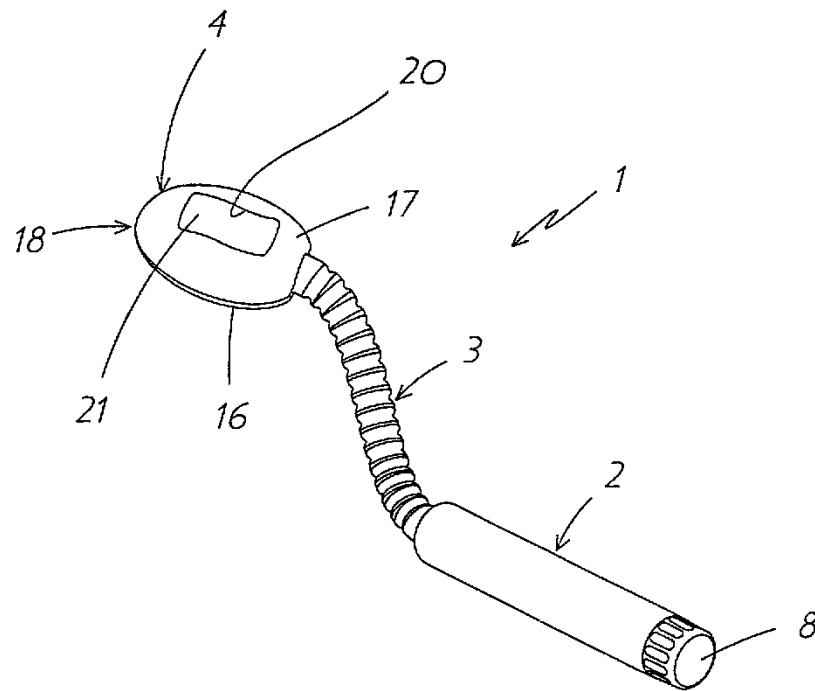


Рис. 1.7. Терапевтичний світловий прилад [10]

Прилад є відносно легким ручним пристроєм, що має ручку, яка може містити акумулятор для забезпечення необхідної енергії для світлодіода, встановленого в апікаційній головці пристрою, і з'єднувальну шийку, що простягається між ручкою і головкою, яка складається з гнучкого матеріалу, що утримує положення, такого як металева котушка, між якими є достатнє тертя, щоб утримувати його на місці. Це дозволяє розміщувати пристрій на тілі обстежуваного, утримуючи діодну головку в певному положенні, без необхідності використання додаткових засобів кріплення, таких як стрічка, скотч тощо[10].

Таким чином було проаналізовано технічні рішення, на базі яких було проаналізовано недоліки базового апарату для розроблення, які проявляються у вигляді недостатньої автоматизації для проведення процедур на пацієнтах з максимальною безпекою. Отже, модифікація АСЛСТ Медик-2к у вигляді додавання можливості температурного контролю біологічної тканини є актуальною.

#### 1.4. Класифікація методів лазерно-світлової терапії

Лазери - це складні джерела світла, які випромінюють монохроматичне світло у видимому та ближньому інфрачервоному діапазонах. Найбільший інтерес представляють лазери, в яких світлові промені добре проникають в біологічні тканини і можуть передаватися через тонкі, гнучкі волокна. Світло також може передаватися у вигляді тепла і викликати термоконстрикцію м'яких тканин. Найважливішим лазером у цій групі є неодимовий ітрієво-алюмінієвий гранатовий лазер (NdYAG) з променем ближнього інфрачервоного діапазону 1064 нм. Різке опромінення даним лазером протягом короткого проміжку часу викликає термічне скорочення м'яких тканин і достатній гемостаз. Більш тривале, потужне опромінення випаровує тканину і коагулює підлеглі шари, що робить його ефективним для абляції раку на пізніх стадіях. При менших потужностях можна коагулювати більше тканини без випаровування. Інша основна група ефектів - фотодинамічна, яка не підвищує температуру тканини, але активує попередньо введені фотосенсибілізатори за допомогою лазерного світла. При цьому вивільняється високоактивний синглетний кисень, який протягом тривалого періоду часу викликає загибель клітин через некроз або апоптоз. Це дає можливість повністю усунути невеликі пухлини[12].

Для ендоскопії використовуються потужні NdYAG-лазери, як правило, потужністю 50-80 Вт у коротких серіях по 1-2 секунди. Лазерне волокно відхиляється від цільової поверхні, щоб випаровувати і коагулювати пухлинну тканину під прямим зором. Крім того, кінчик лазерного волокна вводиться безпосередньо в цільову область і при значно меншій потужності (3-5 Вт) м'яко «підготувати» хвору тканину протягом декількох хвилин. Це називається інтерстиціальною лазерною фотокоагуляцією (ІЛФ). При цьому відсутнє вибіркоче опромінення. Як нормальна, так і злоякісна тканина некротизується, якщо нагрівати її досить довго і при досить високих температурах; ІЛФ можна використовувати для черезшкірного лікування

невеликих метастазів у печінці (в тому числі від раніше видаленого первинного колоректального раку) у пацієнтів, які не можуть або не підходять для проведення часткової гепатектомії. [11].

Фотодинамічна терапія (ФДТ) - це метод лікування локального некрозу тканин за допомогою світла після попереднього дозування фотосенсибілізуючого агента [13]. Зазвичай обирають препарати, що активуються червоним світлом, оскільки червоне світло проникає глибоко в тканину, але захворювання слизової оболонки (наприклад, стравохід Барретта та плоский стравохід) можна лікувати зеленим світлом, яке проникає лише на 1-2 мм. А ні світло, а ні фотосенсибілізуючі засоби не є ефективними самі по собі. Оскільки вони здійснюють свою фотохімічну біологічну дію без підвищення температури тканини, вони суттєво відрізняються від гіпертермічних методів, згаданих вище; порівняння ІЛФ і ФДТ наведено в таблиці 1.1. Зокрема, ФДТ має дуже слабкий вплив на сполучні тканини, такі як колаген, що дозволяє досягти повного некрозу стінки шлунково-кишкового тракту з найменшим ризиком перфорації [13].

Таблиця 1.1. Порівняння інтерстиціальної лазерної фотокагуляції (ІЛФ) і фотодинамічної терапії (ФДТ)[13]

	<b>ІЛФ</b>	<b>ФДТ</b>
Природа біологічної дії	Теплові	Фотохімічний
Використана довжина хвилі світла	Інфрачервоний (805-1064 нм)	Зелений (510-530 нм) Червоний (630-675 нм)
Типова потужність лазера на волокно	3-5 Вт	0,1-0,3 Вт (більше для освітлення порожнистих органів)
Вплив на сполучну тканину	Зруйновано	В основному не впливає
Загоєння	Розсмоктування і рубцювання, деяка регенерація	Регенерація, іноді з рубцюванням
Вибірковість некрозу між тканиною походження пухлини та іншими прилеглими тканинами	Жодного	Можливий між слизовою оболонкою та підлягаючим м'язом у порожнистих органах
Вибірковість некрозу між пухлиною та тканиною походження пухлини	Жодного	Мінімальний
Кумулятивна токсичність	Жодного	Жодного

В лазерно-світловій терапії можна встановити наступні методами (рис. 1.8):

- лазерна фотокоагуляція;
- лазерна абляція;
- лазерна фотодеструкція;
- фотодинамічна терапія;
- лазерна фототерапія;
- терапія поліхроматичним світлом;
- терапія червоним світлом;
- терапія зеленим світлом;
- терапія синім світлом;
- терапія ультрафіолетовим світлом.

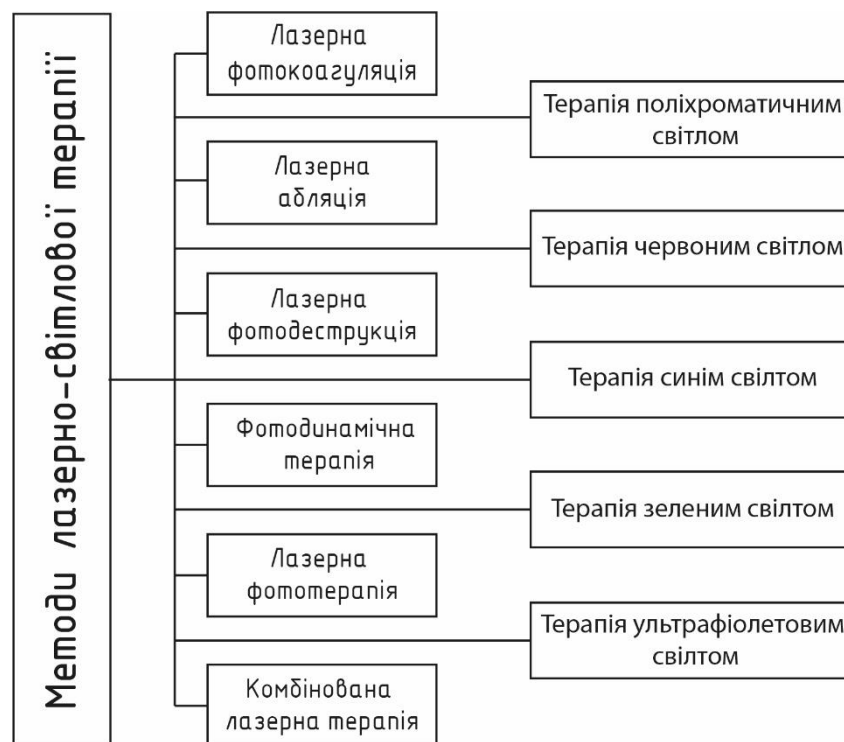


Рис. 1.8. Класифікація методів лазерно-світлової терапії

На основі класифікації методів лазерно-світлової терапії визначено, що найбільш перспективним методом є фотодинамічна терапія, адже даний метод може використовуватись від лікування ракових захворювань до

дерматологічних проблем. Крім того, розуміння і використання класифікації методів лазерно-світлової терапії сприятиме розвитку цієї галузі медицини і також допоможе максимально використовувати потенціал лазерних технологій у лікуванні різних захворювань.

### **1.5. Огляд , аналіз та класифікація апаратів і систем лазерно-світлової терапії**

Проведемо огляд сучасних апаратів, які займають передові місця при використанні систем лазерно-світлової терапії.

#### **Adonyss CarbonFrax CO2**

Фракційний лазер Carbon Frax CO2 (рис 1.9.) належить до останнього покоління лазерного обладнання для безпечних та ефективних дерматологічних, косметологічних та гінекологічних процедур. Carbon Frax CO2 призначений для видалення пухлин, фракційного абляційного омолодження шкіри та підтяжки шкіри[14].



Рис. 1.9. Adonyss CarbonFrax CO2[14]

Даний апарат відновлює шкіру в обраних зонах, залишаючи навколишні ділянки недоторканими. Цей метод забезпечує видиму підтяжку шкіри, покращення мікроциркуляції, активацію вироблення нових клітин і відновлення шкіри та слизових оболонок. Крім того, апарат має просте, інтуїтивно зрозуміле управління, стильний дизайн і виготовлений з високоякісних, довговічних матеріалів[14]. Технічні характеристики апарату приведемо в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2. Технічні характеристики Adonyss CarbonFrx CO2[14]

Потужність	40 Вт
Довжина хвилі	10600 нм
Розмір точки	Відстань між точками регулюється в діапазоні від 0,1 до 0 мм, що гарантує точну обробку відповідної ділянки шкіри
Режим сканування	вільний сканування / послідовне сканування / сканування максимальної відстані
Тривалість імпульсу	0,1 - 2,6 мс, регульована
Відстань точки	0,1 - 2,6 мс регулюється
Енергія імпульсу	1 - 100 мДж
Інтервал між скануванням	0 - 6 с
Фокус конденсатора	F = 50 мм
Кут розбіжності променя	0,3 мрад
Направляючий промінь	635 нм інфрачервоний промінь
Система доставки променя	7-шарнірний важіль
Вага апарату	47 кг
Напруга	220 В

### BIO-SYNTHESIS LED

BIO-SYNTHESIS LED (рис 1.10.) є провідним апаратом в області LED-терапії, що розроблений американською компанією Bio-Therapeutic. Даний апарат працює за методом LED-терапії. Цей метод лікування використовує світлові хвилі різних кольорів спектру. Його ефект полягає у збільшенні кількості енергетичних

молекул, так званих молекул АТФ, які живлять весь організм. В результаті системи організму починають працювати з новою силою, включаючи синтез колагену і факторів росту, зміцнення кровоносних судин і зменшення кількості небезпечних бактерій. Видимі результати досягаються вже після першої процедури. Світло проникає в тканини на глибину до 2,5 мм і поглинається епідермісом, дермою і підшкірно-жировою клітковиною. Приблизно 30% опроміненої енергії досягає підшкірно-жирової клітковини[15].



Рис. 1.10. BIO-SYNTHESIS LED[15]

Технічні характеристики апарату приведемо в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3. Технічні характеристики BIO-SYNTHESIS LED[15]

Довжина	46 см
Ширина	32 см
Висота	17 см
Вага	24 кг
Сенсорний РК-екран	12 x 9 см
Довжина хвилі	633 нм , 590 нм, 525 нм, 415 нм
Кольори світлодіодів	червоний, жовтий, зелений, синій
Частота	від 10 до 100 Гц
Світло на нанометр	1000
Діодні лампи	1000 окремих діодних ламп

### Asclepion MeDioStar



Рис. 1.11. Asclepion MeDioStar

Asclepion MeDioStar (рис. 1.11) є новітнім апаратом для лазерної епіляції, розроблений компанією Asclepion Laser Technologies. Він належить до нового покоління лазерних систем, які призначені для ефективного та безпечного видалення небажаного волосся. Апарат має високу потужність і

передові технології, що дозволяє досягти відмінних результатів лазерної епіляції. В основі його дії лежить принцип фототермолізу, коли енергія лазерного променя поглинається волосяним фолікулом, руйнуючи його і запобігаючи росту нового волосся. Крім того, використання діодної лазерної технології MeDioStar Monolith забезпечує безпечну епіляцію для широкого спектру типів шкіри, включаючи світлу, смагляву і засмаглу шкіру. Також апарат оснащений системою охолодження шкіри, яка забезпечує комфорт пацієнта під час процедури і захищає шкіру від можливих пошкоджень[16].

Технічні характеристики апарату Asclepion MeDioStar представлені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4. Технічні характеристики апарату Asclepion MeDioStar[16]

Лазер	Високоінтенсивний діодний
Потужність	до 5000 Вт
Довжина хвилі	755, 810, 940 нм
Тривалість імпульсу	3-400 мс
Частота імпульсу	до 20 Гц
Режим роботи	Static, Dynamic
Дисплей	10.1' LCD з touchscreen
Розміри	41 x 71.5 x 97 см
Вага	65 кг (з візком)

#### **Апарат лазерний скануючий двоканальний "Медик-2К"**

Медик-2К (рис.1.12) є апаратом, що призначений для лазерної терапії методом лазерного сканування з використанням червоного (660 нм) та інфрачервоного (810 нм) лазерів. Даний прилад дозволяє користувачеві працювати як в модульованому, так і в безперевному режимах лазерного випромінювання. Це означає, що користувач може вибрати найбільш

підходящий режим для конкретної процедури. Також апарат надає можливість регулювати потужність лазерного випромінювання. Це дозволяє точно налаштувати і контролювати потужність лазера відповідно до потреб пацієнта і характеру процедури[1].



Рис. 1.12 Апарат лазерний скануючий двоканальний "Медик-2К"[1]

Крім того, апарат пропонує шаблони сканування різних форм і розмірів, що дозволяє налаштувати зону обробки відповідно до потреб пацієнта і конкретної зони обробки. Апарат також має функцію встановлення та контролю часу лікування шляхом автоматичного вимкнення лазерного випромінювання після завершення лікування. Це забезпечує точне встановлення часу лікування та запобігає надмірному опроміненню після лікування[1]. Технічні характеристики апарату представлено в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 Технічні характеристики апарату Медик-2к[1]

Назва параметру	Значення
Довжина хвилі червоного лазерного випромінювання	660 нм
Максимальна вихідна потужність червоного випромінювання	50 мВт
Довжина хвилі інфрачервоного лазерного випромінювання	810 нм
Максимальна вихідна потужність інфрачервоного випромінювання	100 мВт
Потужність випромінювання лазера-пілота	3 мВт
Час випромінювання	від 1 сек до 99 хв
Кількість фігур сканування , не менше	8
Потужність, що споживається	40 Вт
Живлення	220 В / 50 Гц
Габаритні розміри	1350x950 x500 ММ
Маса апарата	не більше 19 кг

Виконавши огляд сучасних апаратів і систем на ринку виділимо основні переваги кожного апарату приведених вище. Тож Carbon Frax CO<sub>2</sub> є останнім поколінням фракційного лазера для дерматологічних, косметологічних та гінекологічних процедур, що здатний видаляти пухлини, омолоджувати шкіру та підтягувати її. BIO-SYNTHESIS LED є провідним апарат у сфері LED-терапії, що використовує світлові хвилі різних кольорових діапазонів для зміцнення організму та покращення шкіри. Asclepion MeDioStar – це новітній апарат для безпечної та ефективною лазерної епіляції, який здатний видаляти небажане волосся з різних типів шкіри. Медик-2К - апарат для лазерної терапії, що має можливість сканувати та регулювати потужності, а також забезпечувати точність та контроль під час лікування. Всі ці апарати мають передові технології та призначені для ефективних процедур, але мають певні відмінності один від одного.

Важливим аспектом лазерної світлової терапії є різноманітність обладнання та систем, що використовуються в процедурі. Класифікація цих

приладів і систем відіграє важливу роль у розумінні їхніх принципів роботи, функцій і потенційного застосування.

Отже, апарати і системи лазерно-світлової терапії можна класифікувати наступним чином (рис.1.13):

- за довжиною хвилі;
- за типом активного середовища;
- за автоматизацією;
- за принципом дії;
- за впливом на тканини;
- за сферою застосування;
- за режимом генерації.



Рисунок 1.13. Класифікація апаратів і систем лазерно-світлової терапії

Проаналізувавши сучасні провідні медичні апарати у сфері лазерно-світлової терапії, було встановлено, що апарати і системи лазерно-світлової терапії класифікуються за спільними критеріями (рис.1.12), такими як довжина хвилі, область використання, автоматизація і т.д. Класифікація обладнання та систем лазерно-світлової терапії відіграє значну роль у забезпеченні ефективності та безпеки проведення процедур, адже від вибору правильного обладнання відповідно до потреб пацієнта залежить якість проведення процедур.

### **1.6. Розробка структурно-функціональної схеми автоматизованої системи лазерно-світлової терапії**

Наразі актуальною є розробка сучасних систем АСЛСТ з можливістю контролювати стабільність температури та підтримувати однакову потужність під час опромінення біологічної тканини. Такі системи дають змогу контролювати температуру тканин під час лазерно-світлової терапії, що в свою чергу запобігатиме можливим пошкодженням і перегріванню тканин та допоможе забезпечити ефективність і безпеку процедури. Розробка структурно-функціональної схеми автоматизованої системи лазерно-світлової терапії є важливим кроком в удосконаленні лазерної світлової терапії та сприяє оптимальному використанню цієї технології в медичній практиці.

Для розробки структурно-функціональної схеми автоматизованої системи лазерно-світлової терапії за основу було вибрано апарат «Медик-2к».

Структурно-функціональна схема апарату «Медик-2к» представлені на рис. 1.14.

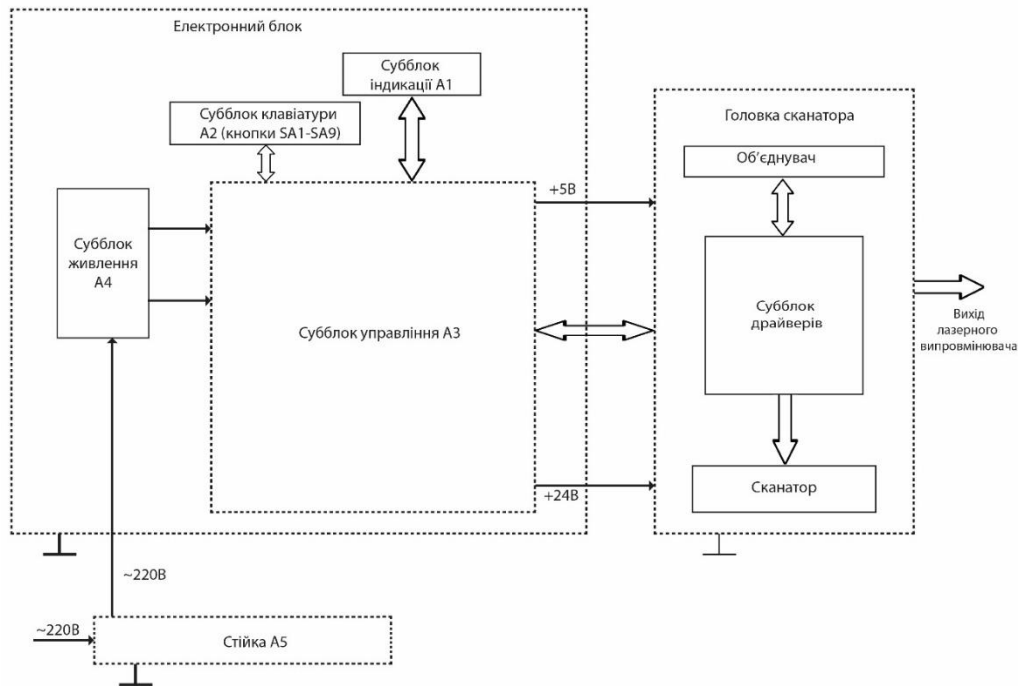


Рис.1.14. Структурно-функціональна схема апарату «Медик-2к»[1]

Відповідно з структурно-функціональною схемою апарату видно, що «Медик-2к» не має систем безпеки, адже лазерне випромінювання відразу діє на біологічну тканину, після формування в головці сканатора, що значно погіршує імовірність успішного проведення процедури лазерно-світлової терапії.

Як розвиток цього напрямку було запропоновано та розроблено структурно-функціональну схему АСЛСТ з контролем температури

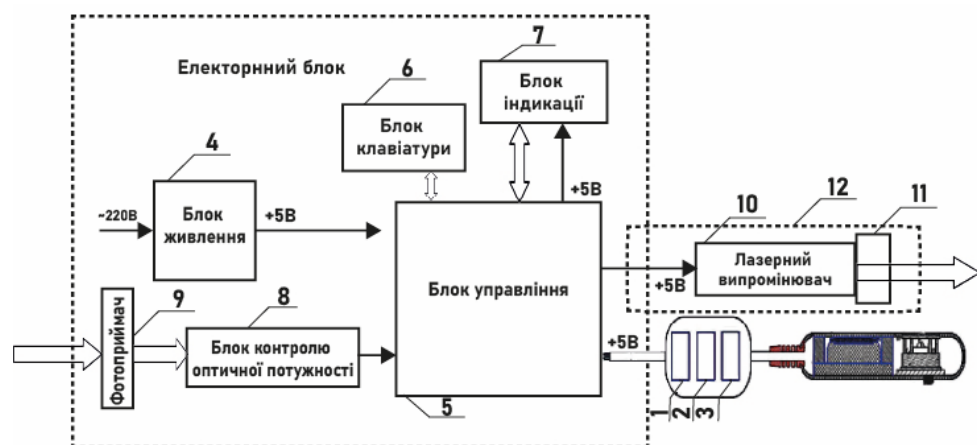


Рис.1.15. Структурно-функціональна схема АСЛСТ з контролем температури

Тож система АСЛСТ, структурна-функціональна схема якої зображена на рис. 1.15, працюватиме наступним чином. З блоку 4 на вузли, блоки та пристрої цієї системи подається напруга. Потім сигнал в діапазоні 10 кГц-10 МГц подається з виходу генератора 1 на вхід 2-канального імпульсного модулятора 2. Високочастотний електричний сигнал з виходу модулятора 2 через атенюатор 3 передається на матрицю RGB LED-пластин через атенюатор 3 для формування різнокольорового випромінювання на біологічній тканині. Режим роботи лазерного випромінювача 10 вибирається на клавіатурі 6, а його параметри відображаються на екрані дисплея 7. Вихідний кінець плеча лазерного випромінювача 10 підводиться до фотоприймача 9 блоку контролю оптичної потужності 8, де фіксується значення потужності лазерного випромінювання (LRP). Якщо отримане значення знаходиться в межах допустимого діапазону для режиму ЛВ, блок управління 5 переводить систему АСЛСТ в робочий режим. У режимі лазерного опромінення біологічної тканини в зоні впливу лазерного променя вимірюється і контролюється температура нагріву за допомогою датчика температури 11. Якщо температура перевищує граничну температуру 42 °С, система АСЛСТ вимикає джерело живлення 4 і припиняє лазерне опромінення. Для забезпечення безпечного лазерного опромінення лазерний випромінювач 10 з ручкою встановлений на дистанційно рухомій підставці 12.

Таким чином було розроблено структурно-функціональну схему АСЛСТ з контролем температури (Патент України №152708). Використавши дану схему стане можливим модифікувати систему АСЛСТ, що дозволить точно контролювати температуру біологічних тканин під час лікування, що відкриває широкі можливості для оптимізації лазерно-світлової терапії та її застосування в різних галузях медицини.

### 1.7. Алгоритми керування роботою АСЛСТ

Щоб АСЛСТ мала ефективні результати після виконання процедури, необхідно проводити контроль таких параметрів, як довжина хвилі та щільність променя, а також час експозиції. Ці застереження пов'язані з тим, що процеси поглинання, відбиття та розсіювання променя відбуваються під час проходження променя через живу тканину. Щоб забезпечити очікуваний ефект, необхідно регулярно контролювати стабільність дії на біологічні тканини. Тобто параметри потужності лазерного променя, температуру поверхні біологічної тканини (БТ) необхідно контролювати та вимірювати, щоб уникнути нагрівання або перегріву поверхні БТ. Тому для управління цими комплексами потрібні швидкі алгоритми. Розглянемо детальніше декілька видів алгоритмів для керування над АСЛСТ. Одним з таких алгоритмів є реалізація методу автоматизованого контролю параметрів лазерного опромінення (АКПЛВ). Даний метод АКПЛВ оснований на аналізі оптичних властивостей поверхні шкіри та тканин пацієнта, що дозволяє визначити більш точні оптимальні параметри лазерного випромінювання для кожного конкретного випадку режиму терапії [17].

Наступним алгоритмом управління є запровадження методу максимальної потужності (ММП). Цей метод характеризується автоматичним збільшенням інтенсивності лазерного променя до максимально безпечної для пацієнта. Після цього ви можете спостерігати за ефектами лікування та аналізувати реакцію на вплив лазера, щоб розробити найкращий план лікування.

Третім алгоритмом керування АСЛСТ є метод фіксованої потужності (МФП). У цьому методі завжди використовується фіксоване значення інтенсивності лазерного променя, яке можна регулювати відповідно до типу захворювання та особливостей, притаманних цьому виду захворювання, враховуючи особливості пацієнта.

Отже, для контролю АСЛСТ, можна застосовувати різні типи алгоритмів залежно від лікування та специфіки пацієнта і захворювання. Таким чином, автоматизований метод контролю параметрів може використовуватись для забезпечення більш ефективного та індивідуалізованого лікування пацієнтів з різними захворюваннями та особливостями пацієнтів.

Основною метою даної частини є розробка та реалізація удосконалення існуючого алгоритму керування на основі системи АСЛСТ. А саме, створення можливості контролювати температуру лазерного впливу на поверхні біологічної тканини. Така реалізація дозволить значно зменшити негативні наслідки (перегріті ділянки, почервоніння та запалення шкіри, опіки, дефекти шкіри - рубці) через надмірне опромінення пацієнта під час процедур з використанням системи АСЛСТ.

Для розробки алгоритму було взято за основу апарат «Медик-2к».

Розробимо алгоритм роботи апарату «Медик-2к» та зобразимо на рис. 1.16.



Рис. 1.16. Алгоритм керування апарату «Медик-2к»

Алгоритм апарату «Медик-2к» працює наступним чином. На початку відбувається увімкнення комплексу. Після чого напруга подається на блоки і системи апарату. Далі відбувається формування високочастотного електричного сигналу та формування різнокольорового випромінювання на біологічній тканині пацієнта. Відповідно від типу захворювання пацієнта відбувається вибір режиму роботи лазерного випромінювача. Наступним кроком є увімкнення робочого режиму та початок процедури. Як видно з алгоритму керування даний апарат не має в своєму складі систем безпеки для пацієнта, тому наступним кроком є проведення процедури. Після закінчення процедури апарат вимикається.

Одним з алгоритмів, що може використовуватись для модифікації АСЛСТ зображено на рис. 1.17. Даний алгоритм реалізується наступним чином: на першому етапі АСЛСТ вмикає систему і подається напруга на пристрої та вузли багатофункціонального апарату. Потім генерується високочастотний електричний сигнал для створення поліхроматичного випромінювання на біологічну тканину. Далі обирається режим роботи АСЛСТ і проводиться лікування. Для увімкнення режиму роботи необхідно перевірити оптичну потужність лазера і зафіксувати її в прийнятному діапазоні. Потім проводиться лікування і багатофункціональний апарат вимикається.

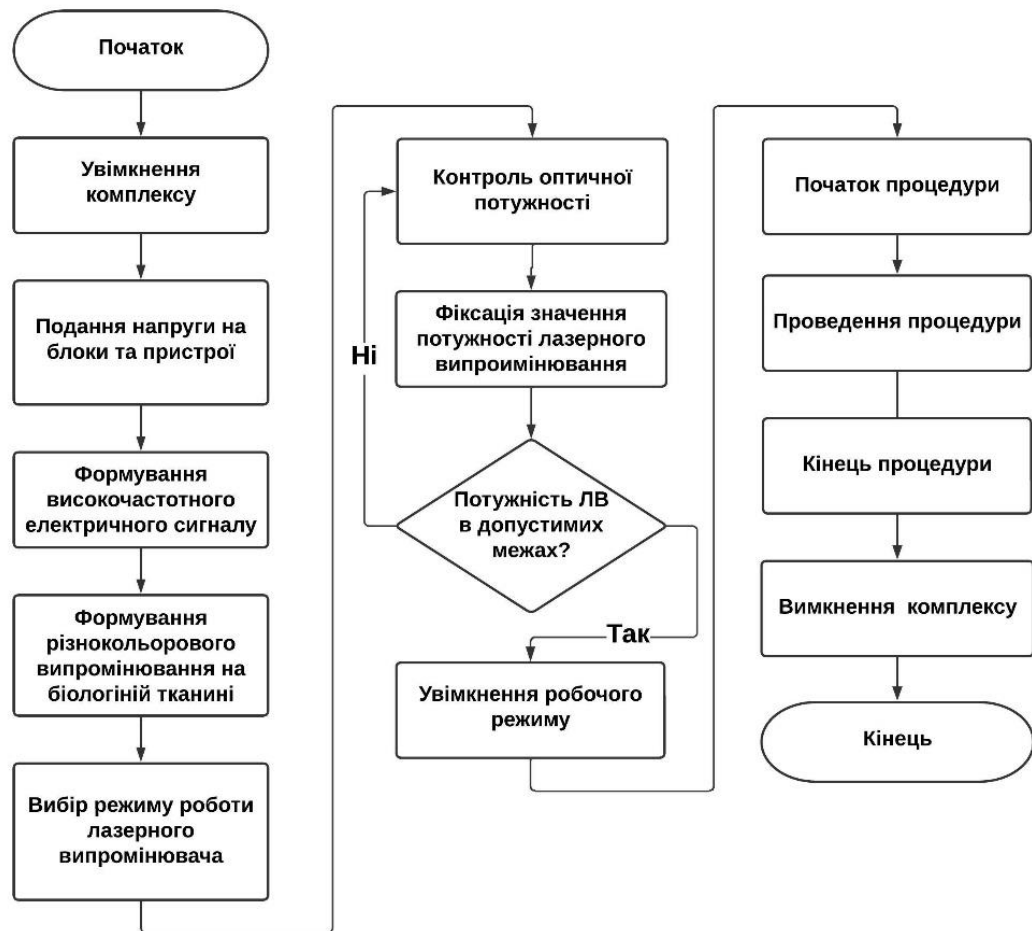


Рис. 1.17. Алгоритм керування АСЛСТ

Проаналізувавши алгоритми керування апарату «Медик-2к» та з урахуванням можливої модифікації розробимо алгоритму керування (рис. 1.18) АСЛСТ з температурним контролем. Він матиме наступний вид модифікації: температурний датчик вимірює температуру біологічної поверхні, і ця температура передається на блок керування. Якщо температура перевищує допустиме значення ( $+42^{\circ}\text{C}$ ), контролер вимикає живлення і припиняє лазерне випромінювання.

Алгоритм реалізується шляхом увімкнення системи, подачі напруги, генерації електричних сигналів, генерації випромінювання на біологічній поверхні, вибору режиму роботи, регулювання потужності світла та увімкнення режиму роботи. Під час процедури вимірюється температура на біологічній тканині пацієнта. Якщо виміряне значення, що отримано за

допомогою температурного датчика, знаходяться в допустимих межах, апарат продовжує працювати і процедура виконується. Якщо виміряна температура перевищує допустимий діапазон, автоматизована система знеструмується без втручання людини. Після цього АСЛСТ вимикається.

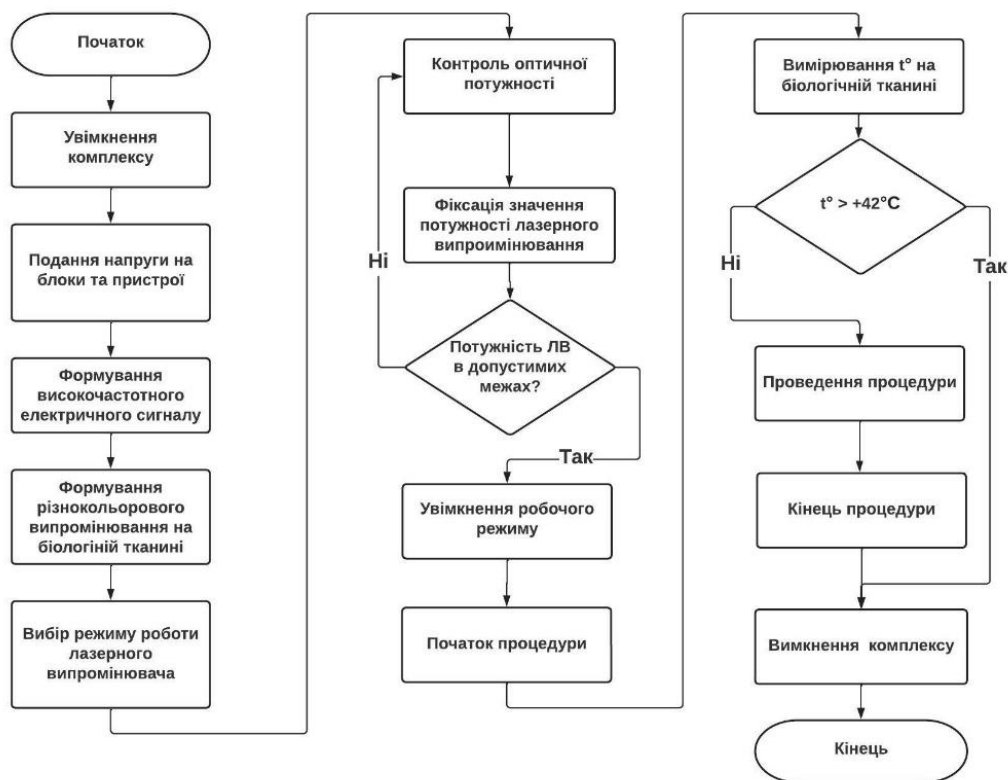


Рис. 1.18. Модифікований алгоритм керування АСЛСТ з контролем температури

Отже, було проаналізовано алгоритм керування існуючого апарату та можливої модифікації даного алгоритму. З урахуванням недоліків даних алгоритмів було розроблено алгоритм керування АСЛСТ з контролем температури, що значно покращить результати проведення процедур на пацієнтах в медичних установах.

### 1.8. Розрахунок параметрів лазерного випромінювання.

Для розрахунку параметрів лазерного випромінювання приведемо вихідні дані відповідно до проекту:

Довжина хвиль:

- Ч-випромінювання  $\lambda_{\text{ч}} = 660$  нм
- ІЧ-випромінювання  $\lambda_{\text{іч}} = 810$  нм;

Потужність:

- Ч-випромінювання  $P_{\text{ч}} = (3 - 50)$  мВт  $\pm 20\%$ ,
- ІЧ-випромінювання  $P_{\text{іч}} = (0 - 100)$  мВт  $\pm 20\%$ .

Розрахуємо частоту лазерного випромінювання за формулою:

$$f = \frac{c}{\lambda}, \quad (1.1)$$

Частота лазерного випромінювання для червоного лазерного випромінювання:

$$f_{\text{ч}} = \frac{c}{\lambda} = \frac{2,99 \cdot 10^8}{660 \cdot 10^{-9}} = 453 \text{ ТГц}$$

Частота лазерного випромінювання для інфрачервоного лазерного випромінювання:

$$f_{\text{іч}} = \frac{2,99 \cdot 10^8}{810 \cdot 10^{-9}} = 396 \text{ ТГц}$$

Розрахуємо період імпульсу випромінювання за формулою:

$$T = \frac{1}{f}, \quad (1.2)$$

Період імпульсу випромінювання для червоного лазерного випромінювання:

$$T_{\text{ч}} = \frac{1}{453 \cdot 10^{12}} = 2,21 \text{ фс}$$

Період імпульсу випромінювання для інфрачервоного лазерного випромінювання:

$$T_{\text{іч}} = \frac{1}{396 \cdot 10^{12}} = 2,52 \text{ фс}$$

З урахуванням часу енергія лазерного випромінювання складається з серії імпульсів. Розрахуємо енергію одного імпульсу для червоного та інфрачервоного випромінювання.

Розрахуємо максимальну енергію імпульсу лазерного випромінювання за формулою:

$$E = P(\text{max}) \cdot T, \quad (1.3)$$

де  $P$  - потужність лазерного випромінювання,  $T$  - період.

Максимальна енергія імпульсу променю для червоного лазерного випромінювання:

$$E_{\text{ч}}(\text{max}) = 50 \cdot 10^6 \cdot 2,21 \cdot 10^{-15} = 11 \text{ мкВт}$$

Максимальна енергія імпульсу променю для інфрачервоного лазерного випромінювання:

$$E_{\text{іч}}(\text{max}) = 100 \cdot 10^6 \cdot 2,52 \cdot 10^{-15} = 25,2 \text{ мкВт}$$

Розрахуємо мінімальну енергію імпульсу лазера за формулою:

$$E = P(\text{min}) \cdot T, \quad (1.4)$$

де  $P$  - потужність лазерного випромінювання,  $T$  - період.

Мінімальна енергія імпульсу променю для червоного лазерного випромінювання:

$$E_{\text{ч}}(\text{min}) = 3 \cdot 10^6 \cdot 2,21 \cdot 10^{-15} = 6,6 \text{ нВт}$$

Мінімальна енергія імпульсу лазера для інфрачервоного лазерного випромінювання:

$$E_{i\text{ч}}(\text{min}) = 0,1 \cdot 10^6 \cdot 2,52 \cdot 10^{-15} = 25,2 \text{ нВт}$$

### 1.9. Розрахунок параметрів електричних схем

В системі АСЛСТ блок живлення функціонує з використанням стабілізатора напруги LM317 (рис. 1.19), який працює в діапазоні напруг від 1,2 до 37 В. Стабілізатор LM317 необхідний для генерації постійного вихідного змінного струму з однаковою частотою.

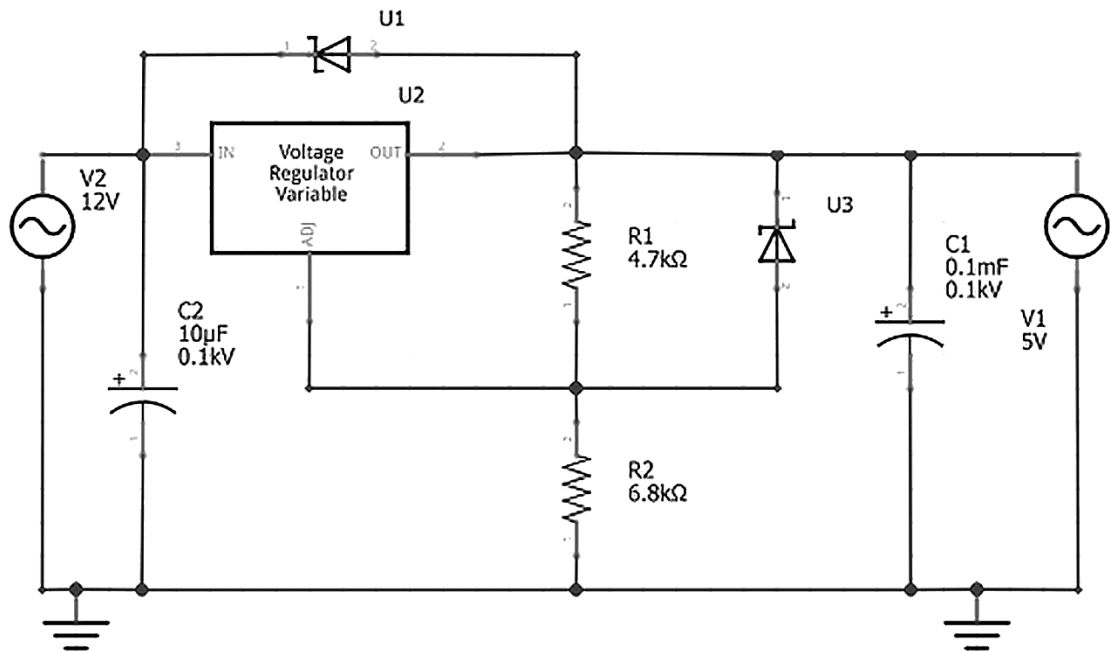


Рис. 1.19. Лінійний стабілізатор високої напруги

Приведемо характеристики стабілізатора високої напруги з специфікації:

$$V_{out} = 5\text{В};$$

$$I_{load} = 0.2 - 1.5 \text{ А};$$

$$V_{in}(\text{max}) = 12\text{В};$$

$$V_{in}(\text{min}) = 10\text{В};$$

$$T_a = 0 - 60^\circ\text{C};$$

$$R_c = 5 \frac{^\circ\text{C}}{\text{Вт}};$$

$$R_a = 50^{\circ} \frac{\text{C}}{\text{Вт}};$$

$$T_j = 140^{\circ}\text{C}.$$

Виконаємо розрахунок втрати на перепаді напруги за наступною формулою:

$$P_D(\text{max}) = (V_{in}(\text{max}) - V_{out}) \cdot I_{load}(\text{max}) \quad (1.5)$$

$$P_D(\text{max}) = (12 - 10\text{В}) \cdot 1,5\text{А} = 3\text{Вт}$$

Розрахуємо температуру р-п переходу без тепловідводу:

$$T_j = P_D \cdot R_a + T_a(\text{max}) \quad (1.6)$$

$$T_j = 3\text{Вт} \cdot 50 \frac{\text{C}}{\text{Вт}} + 60^{\circ}\text{C} = 210^{\circ}\text{C}$$

Крім того, в блоці живлення також присутній елемент UC3573, що є понижуючим перетворювачем, він представлений на рис.2.6.

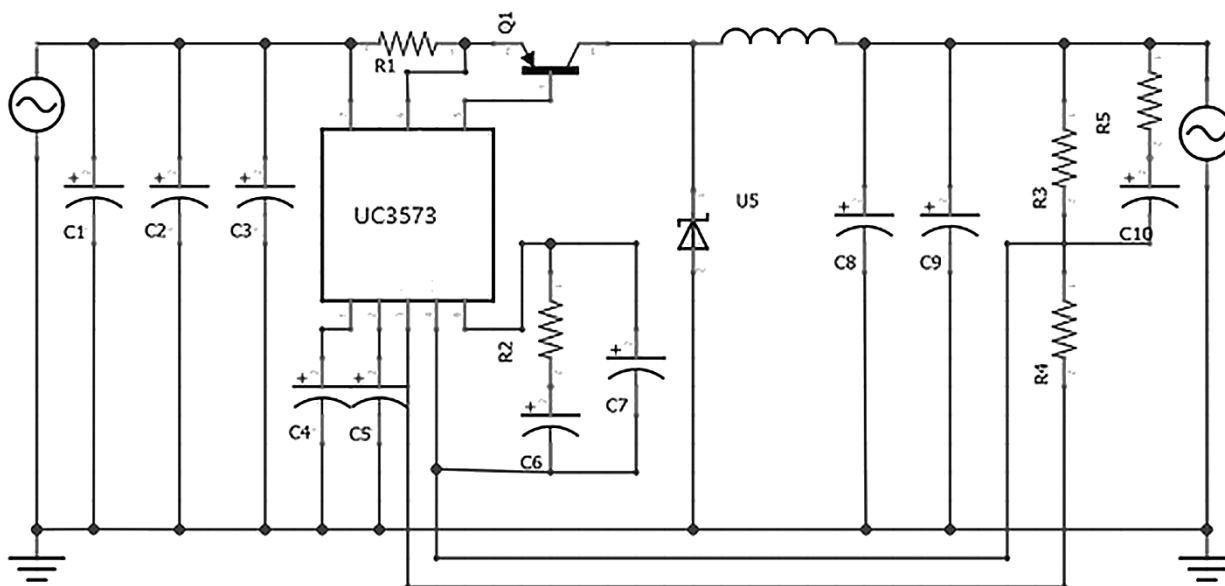


Рис. 1.20 Понижуючий перетворювач

Приведемо характеристики понижуючого перетворювача з специфікації:

$$V_{in}(max) = 15\text{В};$$

$$V_{in}(min) = 12\text{В};$$

$$V_{out} = 5\text{В};$$

$$I_{load} = 1.5 \text{ А}$$

$$\text{Напруга пульсації: } V_{ripper} = 25\text{мВ}$$

Вихідна потужність (максимальна):

$$P_{out}(max) = V_{out} \cdot I_{load}(max) \quad (1.7)$$

$$P_{out}(max) = 5\text{В} \cdot 1,5\text{А} = 7,5\text{Вт}$$

Вхідна потужність:

$$P_{in} = \frac{P_{out}}{\text{Очікуваний КПД}} \quad (1.8)$$

$$P_{in} = \frac{7,5\text{Вт}}{0,8} = 9,4 \text{ Вт}$$

Виконаємо розрахунок середнього значення вхідних струмів:

Сигнал низького рівня (вхідний):

$$I_{in}(min) = \frac{P_{in}}{V_{in}(min)} \quad (1.9)$$

$$I_{in}(min) = \frac{9,4\text{Вт}}{12\text{В}} = 0,8\text{А}$$

Сигнал високого рівня (вхідний):

$$I_{in}(max) = \frac{P_{in}}{V_{in}(max)} \quad (1.10)$$

$$I_{in}(max) = \frac{9,4\text{Вт}}{15\text{В}} = 0,6\text{А}$$

Виконаємо оцінку максимального струму :

$$1,4 \cdot I_{load}(max) = 1,4 \cdot 1,5A = 2.1A$$

Проектування індуктора:

$$L_{min} = \frac{(V_{in(max)} - V_{out}) \cdot \left(1 - \frac{V_{out}}{V_{in(max)}}\right)}{1,4 \cdot I_{load}(min) \cdot f_{sw}} \quad (1.11)$$

$$L_{min} = \frac{(15B - 5B) \cdot \left(1 - \frac{5B}{15B}\right)}{1,4 \cdot 0,5A \cdot 100кГц} = 95,2\text{мкГц}$$

де  $I_{out(min)}$  - очікуваний струм навантаження(мінімальний),  $f_{sw}$  - робоча частота понижуючого перетворювача.

Розрахунок вихідного конденсатора:

$$C_{out}(min) = \frac{I_{out(max)} - \frac{V_{out}}{V_{in(max)}}}{V_{ripper} \cdot f_{sw}} \quad (1.12)$$

$$C_{out}(min) = \frac{1,5A \cdot \left(1 - \frac{5B}{15B}\right)}{25\text{мВ} \cdot 100кГц} = 400 \text{ мкФ}$$

Розрахунок вхідного конденсатора:

$$C_{in} = \frac{P_{in}}{V_{ripper}^2 \cdot f_{sw}} \quad (1.13)$$

$$C_3 = \frac{9,4\text{Вт}}{25\text{мФ}^2 \cdot 100кГц} = 151\text{мкФ}$$

Виконаємо розрахунок установки частоти функціонування( $C_3$ ):

$$C_3 = \frac{1}{15 \cdot f_{sw}} \quad (1.14)$$

$$C_3 = \frac{1}{15 \cdot 100кГц} = 667\text{пФ}$$

Найближче значення складає 670 пФ

Виконаємо розрахунок опору резистора R1, що зчитує струм:

Обрана мікросхема контролера використовує імпульсний струмовий захист, який негайно розмикає вимикач при перевищенні порогового значення 0,47 В. Припустимо, що проміжок між максимальним очікуваним порогом і струмом спрацьовування захисту становить 20%. Отже, захист спрацює при струмі  $1,2 \cdot 2,8 \text{ А} = 3,4 \text{ А}$ .

Таким чином, опір резистора:

$$R_1 = \frac{0,47}{3,4} = 0,138 \text{ Ом}$$

Виберемо найближчий резистор, що є стандартним з опором 0.1 Ом.

Розрахуємо резистор, у якого дільника напруги на зчитуючих резисторах(R3 та R4):

$$R_4 = \frac{2\text{В}}{1\text{мА}} = 2 \text{ кОм}$$

Фактичний струм зчитування: 1,005мА

$$R_4 = \frac{(5\text{В} - 2\text{В})}{1,005\text{мА}} = 2,98 \text{ кОм}$$

### 1.10. Напрями автоматизації

Лазерна світлова терапія - це сучасний метод лікування, який використовує лазерне світло для досягнення терапевтичного ефекту в різних галузях медицини. Цей метод точно і безпечно впливає на тканини, сприяє їх регенерації та загоєнню.

Наразі існує низка методів впливу на біологічні тканини. Однією з провідних технологій у цій галузі є використання автоматизованих систем лазерно-світлової терапії (АСЛСТ). Світловий потік або лазерне випромінювання фокусується у вигляді променя, що забезпечує найбільш ефективний фізіотерапевтичний ефект у медичній реабілітації та косметичній медицині.

Під час лікування з використанням АСЛСТ відбувається комбінований вплив на біологічні тканини [18]. Це пов'язано з тим, що при проходженні світлового променя через живу тканину відбуваються процеси поглинання, відбиття та розсіювання. Тому для забезпечення хорошого ефекту необхідно регулярно контролювати стабільність впливу на біологічну тканину. Тобто такий фактор, як температура поверхні біологічної тканини, щоб не допустити нагрівання або перегріву. В автоматизованих системах лазерного лікування також важливо контролювати значення потужності протягом усього процесу лікування.

В останні роки значні зусилля були спрямовані на розробку автоматизованих систем лазерної світлової терапії, які вдосконалюють процес лікування і роблять його більш ефективним. Автоматизація зменшує вплив людського фактору, забезпечує більш точне і послідовне проведення лікування та підвищує комфорт пацієнтів і медичного персоналу.

На цьому тлі сфера автоматизації систем лазерної світлової терапії охоплює багато аспектів лікувального процесу. Передові технології та інноваційні розробки дозволяють здійснювати автоматичне керування параметрами лазерного променя, картування поверхні тіла пацієнта, впроваджувати системи моніторингу та зворотного зв'язку.

В даній роботі за основу був взятий АСЛСТ «Медик-2к». Недоліком даної системи є те, що в нього немає системи захисту від перегрівання під час дії лазерного випромінювання на біологічну поверхню людини. Тому в даному випадку запропоновано модифікувати дану систему лазерно-світлової терапії датчиком температури. Цей пристрій контролюватиме показники температури на поверхні шкіри і у разі перегрівання автоматично відключатиме систему для запобігання негативних наслідків. Автоматизація також сприяє оптимальному використанню ресурсів і може бути важливим фактором для використання модифікованої системи у сучасних медичних установах.

Для даного дипломного проєкту був розроблений патент на корисну модель №152708 «Система лазерно-світлової терапії», що опубліковано в бюлетені №13 29 березня 2023 року[19]. Даний патент належить до систем лазерно-світлової терапії. У вигляді прототипу був взятий патент на корисну модель України UA №137211. Відмінність системи лазерно-світлової терапії від прототипу полягає в тому, що вона містить температурні датчики, які розміщені на виході лазерного випромінювача та з'єднані з блоком управління, а також лазерний випромінювач, що розміщений на виносній стійці. Дана корисна модель має унікальність, адже за допомогою модифікацій, що зазначені в патенті, стане можливим використовувати систему без побічних ефектів, що значно збільшить попит на дану систему. Крім того, модифікації будуть впроваджені на підприємстві «МЕДІНТЕХ» .

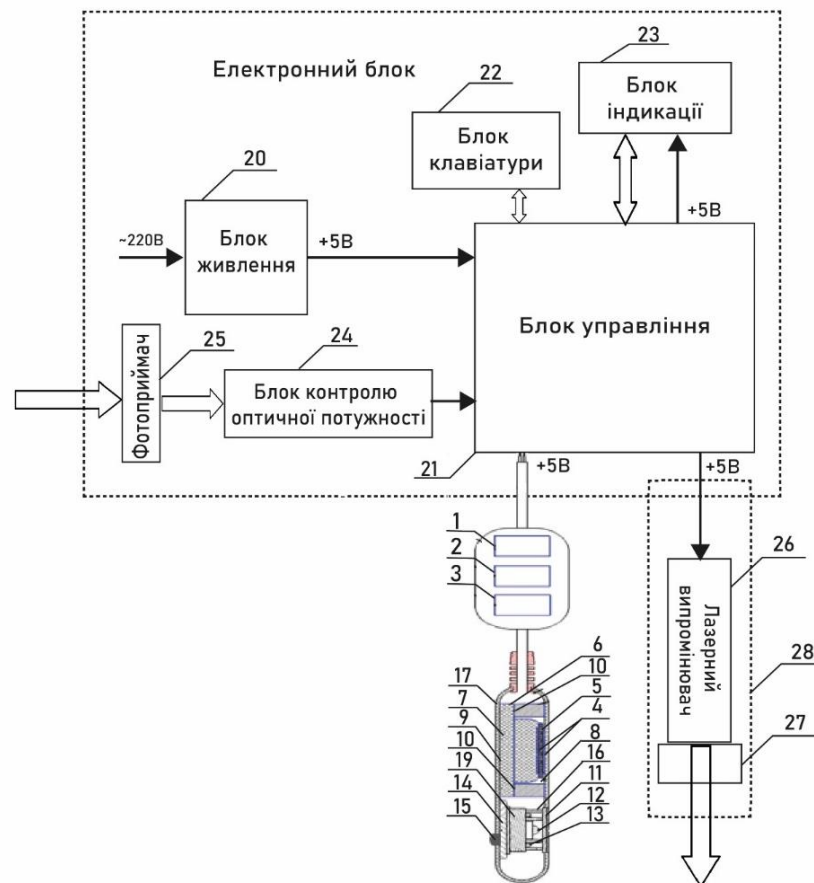


Рис. 1.16. Структурно-функціональна схема системи лазерно-світлової терапії [19]

На рисунку 1.16. приведено: 1 - Високочастотний генератор електричних сигналів, 2 – Низькочастотний імпульсний модулятор, 3 – Атенюатор, 4 – Електроди, 5 – П'єзокристалічна пластина з обома боками, 6 – Робоча захисна підкладка, 7 – Акустично-поглинаючий аморфний компаунд, 8 – перетворювач ультразвуковий, 9 – Робоча поверхня ультразвукового перетворювача, 10 – Постійні магніт, 11 – Перетворювач поліхроматичний, 12 – Світлодіодна матриця RGB, 13 – Драйвер світлодіодних діодів, 14 – Підкладка, 15 – Повзунковий перемикач на три положення, 16 – Кришка, 17 – Ергономічна ручка-корпус, 18 – RGB CMD матриця, 19 – Котушка мідна, 20 – Блок живлення, 21 – Блок управління, 22 – Клавіатура, 23 – Індикація, 24 – Блок контролю потужності, 25 – Фотоприймач, 26 – Лазерний випромінювач, 27 – Температурні датчики, 28 – Виносна стійка[19].

Формула корисної моделі.

Запропонована автоматизована система лазерно-світлової терапії, що містить генератор високочастотного електричного сигналу, регулятор вихідної потужності, імпульсний модулятор і п'єзоелектричний пластинчастий перетворювач з електродами з обох боків, який жорстко закріплений на підкладці, площиною якої є простір між ними, що заповнений компаундом. Зовнішня сторона підкладки виконує роль робочої поверхні перетворювача, що може контактувати з поверхнею тіла людини. Високочастотний генератор налаштований на вихідну потужність за допомогою контрольованої низької потужності.. Поліхроматичний перетворювач який являє собою багатоколірний сенсор, виконаний у вигляді світлодіодного драйвера з матрицею діодів RGB, які можуть контактувати з поверхнею тіла, а атенюатор підключається до драйвера через перемикачі з трьома положеннями світла - червоного, зеленого і синього, а частота і інтенсивність світла регулюються за допомогою високочастотного генератора і імпульсного модулятора. Багатоколіровий перетворювач

розміщений в ергономічній рукоятці. Блок живлення, контролер, клавіатура, індикатор і лазерний передавач розміщені в виносній ручці, а оптичний блок керування живленням з оптичним приймачем, блок живлення підключений до електромережі, а блок керування, клавіатура, дисплей і блок керування оптичною потужністю підключені до блоку керування, блок керування підключено до приймача світла, лазерного передавача та багатокольорового перетворювача[19].

Таким чином автоматизація АСЛСТ за допомогою модифікування системи у розширені засобів безпеки збільшить ефективність функціонування системи «Медик-2к». Встановлення температурного датчику для контролю температури поверхні біологічної тканини значно зменшить побічні ефекти у вигляді дефектів на шкірі людини. Тож дана модифікація стане значним кроком у автоматизації АСЛСТ для проведення лазерно-світлової терапії.

### **Висновок по конструкторській частині**

На основі аналізу патентних джерел, діючої літератури та провідних апаратів в галузі лазерно-світлової терапії було запропоновано модифікацію провідної АСЛСТ «Медик-2к» у вигляді температурного датчик, що зчитуватиме температуру з біологічної тканини пацієнта. Також було виконано порівняння та огляд сучасних провідних апаратів і систем лазерно-світлової терапії, що дало змогу розробити класифікацію методів, а також апаратів і систем лазерно-світлової терапії.

В даному розділі була розроблена нова структурно-функціональна схема АСЛСТ та алгоритм керування роботою АСЛСТ. Дані розробки значно полегшують процес автоматизації даної системи для забезпечення безпечного використання системи лазерно-світлової терапії, що широко збільшує можливості використання даного апарату у сфері лазерно-світлової терапії. Також було розроблено нове технічне рішення на основі розробленої структурно-функціональної схеми АСЛСТ та отримано **Патент України № 152708**.

**РОЗДІЛ 2**  
**ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА**

## 2.1. Проведення технологічних розрахунків

Використавши програмне забезпечення SolidWorks, було розроблено конструкцію головки сканатора (рис.2.1).

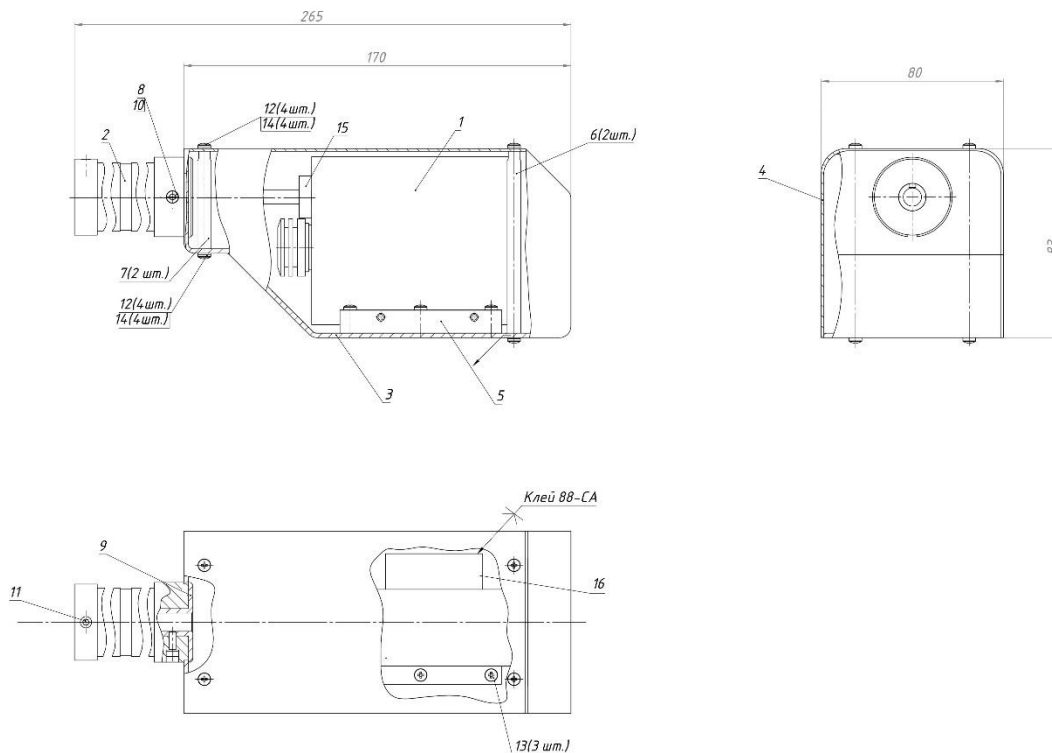


Рис. 2.1. Креслення головки сканатора

На рис 2.1. зображено головку сканатору, що складається з наступних елементів:

- |                    |            |
|--------------------|------------|
| 1) блок сканатора; | 8) шайба;  |
| 2) вісь;           | 9) втулка; |
| 3) дно;            | 10) гвинт; |
| 4) кришка;         | 11) гвинт; |
| 5) брусок;         | 12) гвинт; |
| 6) стійка;         | 13) гвинт; |
| 7) стійка;         | 14) шайба; |

15) вилка MDM-9M;

16) скло.

Представимо зовнішній вигляд головки сканатора у вигляді 3D-моделі на рис.2.2.

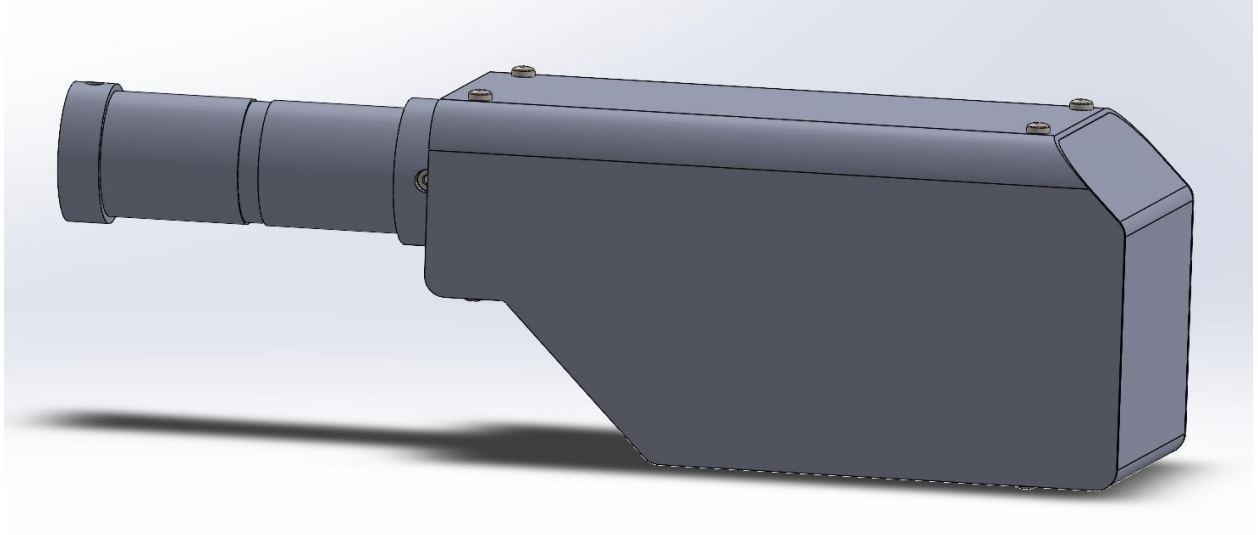


Рис.2.2. Зовнішній вигляд головки сканатора

Для вдалого визначення виробу на технологічність використаємо загальні показники. Серед загальних показників можна підкреслити наступні показники[28]:

- 1) уніфікації вузлів;
- 2) уніфікації виробу;
- 3) конструкторської складності;
- 4) уніфікації деталей.

1) Розрахунок уніфікації вузлів виконується з використанням наступної формули:

$$K_{уН.N} = \frac{N_{уН}}{N_{\Sigma}}, \quad (2.1)$$

де  $N_{уН}$  – кількість складальних одиниць, що уніфіковані;

$N_{\Sigma}$  – сума складальних одиниць, що уніфіковані.

$$K_{уН.N} = \frac{2}{2} = 1$$

Отримавши значення, можна порівняти технологічність за наступними показниками:

- за умови  $K_{уН.N} < 0,2$  – технологічність низька;
- за умови  $K_{уН.N} = 0,2-0,4$  – технологічність задовільна;
- за умови  $K_{уН.N} > 0,4$  – технологічність висока.

Знаючи, що  $K_{уН.N} = 1$ , то технологічність в даному випадку висока.

2) Розрахунок уніфікації виробу виконується з використанням наступної формули:

$$K_{уН} = \frac{N_{уН.} + n_{уН.}}{N_{\Sigma} + n_{\Sigma}}, \quad (2.2)$$

де  $N_{уН}$  – кількість складальних одиниць, що уніфіковані,  $N_{\Sigma}$  – сума складальних одиниць, що уніфіковані,  $n_{уН.}$  – кількість всіх деталей, що уніфіковані,  $n_{\Sigma}$  – сума всіх деталей, що уніфіковані.

$$K_{уН} = \frac{N_{уН.} + n_{уН.}}{N_{\Sigma} + n_{\Sigma}} = \frac{2 + 27}{2 + 32} = 0,8.$$

Отримавши значення, можна порівняти технологічність за наступними показниками:

- за умови  $K_{уН.} < 0,25$  – технологічність незадовільна;
- за умови  $K_{уН.} = 0,25-0,5$  – технологічність задовільна;
- за умови  $K_{уН.} > 0,5$  – технологічність висока.

Знаючи, що  $K_{уН} = 0,85$ , то технологічність в даному випадку висока.

3) Розрахунок конструкторської складності виконується з використанням наступної формули:

$$K_{СЛ.} = \frac{N_{\Sigma}}{n_{\Sigma}}, \quad (2.3)$$

де  $N_{\Sigma}$  – сума складальних одиниць, що уніфіковані,  $n_{\Sigma}$  – сума всіх деталей, що уніфіковані.

$$K_{\text{СЛ.}} = \frac{2}{32} = 0,1$$

Отримавши значення, можна порівняти технологічність за наступними показниками:

- за умови  $K_{\text{СЛ.}} < 0,1$  – технологічність низька;
- за умови  $K_{\text{СЛ.}} = 0,1-0,2$  – технологічність задовільна;
- за умови  $K_{\text{СЛ.}} > 0,2$  – технологічність висока.

Знаючи, що  $K_{\text{СЛ.}} = 0,1$ , то технологічність в даному випадку погана.

4) Для розрахунку критерію уніфікації деталей використовують формулу:

$$K_{\text{ун.п.}} = \frac{n_{\text{ун.}}}{n_{\Sigma}}, \quad (2.4)$$

де  $n_{\text{ун.}}$  – кількість всіх деталей, що уніфіковані;

$n_{\Sigma}$  – сума всіх деталей, що уніфіковані.

$$K_{\text{ун.п.}} = \frac{27}{32} = 0,84,$$

Отримавши значення, можна порівняти технологічність за наступними показниками:

- за умови  $K_{\text{ун.п.}} < 0,3$  – технологічність погана;
- за умови  $K_{\text{ун.п.}} = 0,3-0,6$  – технологічність задовільна;
- за умови  $K_{\text{ун.п.}} > 0,6$  – технологічність хороша.

Знаючи, що  $K_{\text{ун.п.}} = 0,85$ , то технологічність в даному випадку хороша.

## 2.2. Розробка ССС та ТСС

Проектування технологічної схеми складання(ТСС) починається з вибору базового елемента, який слугуватиме в ролі базової лінії складання. В даному випадку було вибрано поз. 3 дно.

Першою операцією під час складання необхідно встановити дві стійки 6 до дна 3 та встановити дві шайби 14 та загвинтити два гвинти 12. Після чого повторюємо операції з двома стійками 7. Наступним кроком є встановлення бруска 5. Його необхідно встановити до та загвинтити трьома гвинтами 13 до дна 3. Далі до блоку сканатора 1 встановлюється вилка 15 і в результаті отримаємо вузол в складі блок сканатора, що встановлюється до дна 3. Наступним етапом є приклеєння скла 16 до дна 3 за допомогою клею 88-СА. Після чого відбувається складання вузлу вісь, для цього на вісь 2 встановлюється втулка 9. Далі вузол вісь встановлюється до дна 3 та закріплюється за допомогою гвинта 10, шайби 8 та гвинта 11. Останнім етапом встановлюємо кришку 4, чотири шайби 14 та загвинчуємо чотирма гвинтами 12. Далі проходимо випробування, контроль та отримаємо головку сканатора. Розроблена ТСС представлена на рис. 2.3.

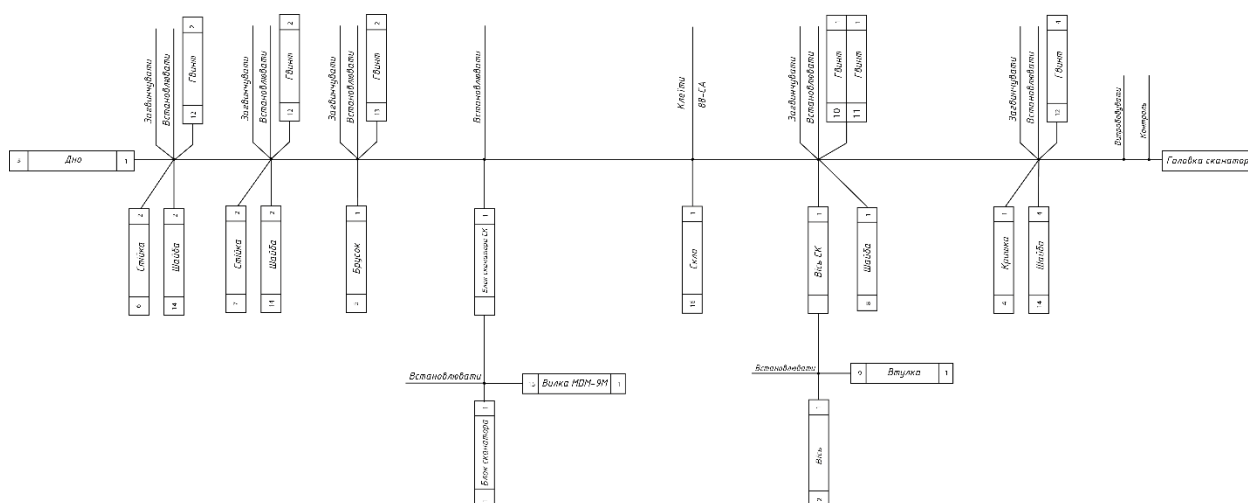


Рис. 2.3. Технологічна схема складання головки сканатора

На основі ТСС формується структурна схема складання(ССС). Для початку вказуємо основні складальні одиниці(вузли) на схемі. До них вже приєднуємо деталі та створюємо процес складання. Він відбувається наступним чином. Згори

розташований прилад як готова складальна одиниця, нижче розташовуємо основні складальні вузли та деталі, наприклад, вісь та блок сканатора у складі. Нижче розташовуємо з яких складаються дані вузли. Так блок сканатора у складі складається з Блоку сканатора та Вилки MDM-9M. Нижче розташовуємо усі стандартні та нестандартні деталі, які формують вузли вище (Дно, Стійка, Гвинт, Брусок і т.д.). Розроблена ССС представлена на рис.2.4.

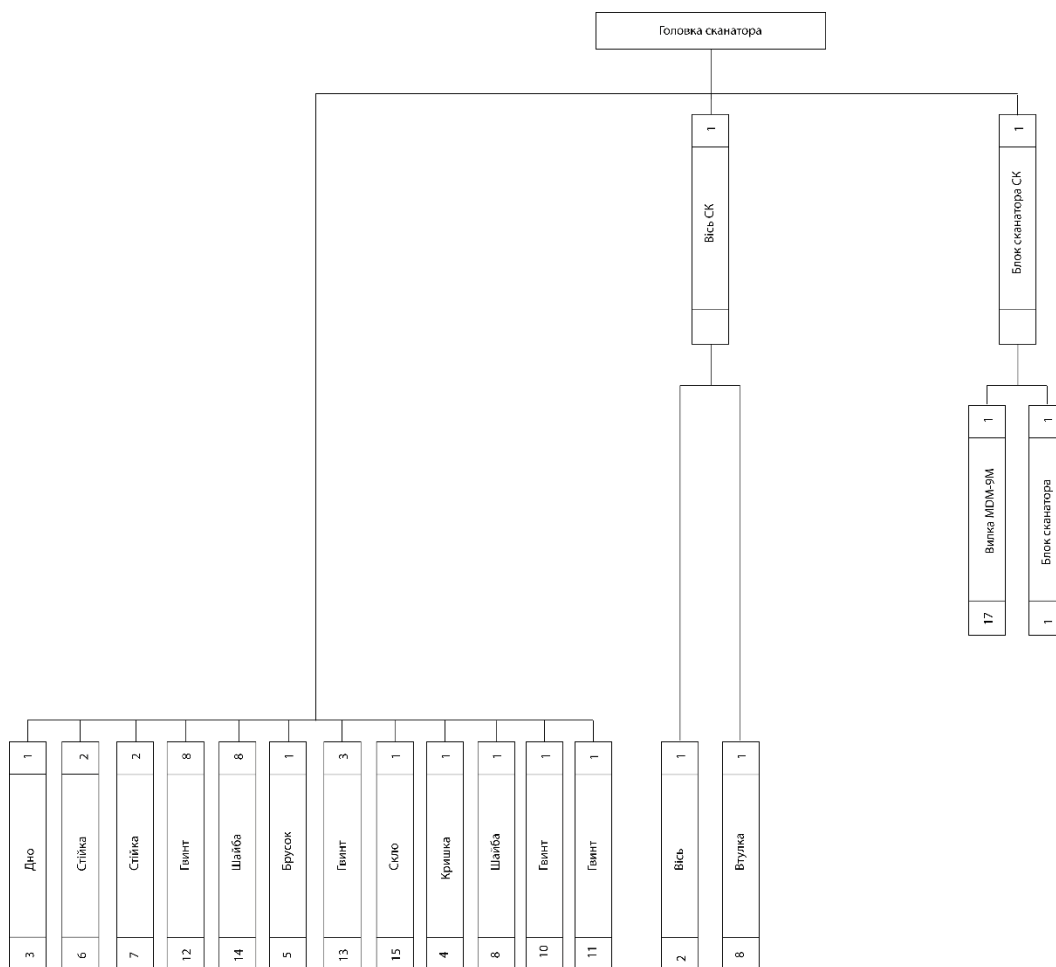


Рис. 2.4. Структурна схема складання головки сканатора

### 2.3. Розрахунок параметрів розмірного ланцюга

Розрахунок параметрів розмірного ланцюга є значущою частиною під час проектування приладів і систем. При проектуванні необхідно прояснити взаємозв'язок між розмірами і допусками. Розміри визначають якість функціонування, забезпечуючи організацію поверхонь і осей компонентів у складальній одиниці. В результаті визначення цих взаємозв'язків встановлюються певні технічні вимоги до окремих елементів (наприклад, розмір, зазор, взаємне

розташування) і до складальної одиниці в цілому. Ці вимоги можуть бути розраховані за допомогою теорії розмірних ланцюгів[29]. Тож зобразимо схему розмірного ланцюга на рис. 2.1 та виконаємо розрахунки з допомогою прямої задачі для оцінки точності збірки.

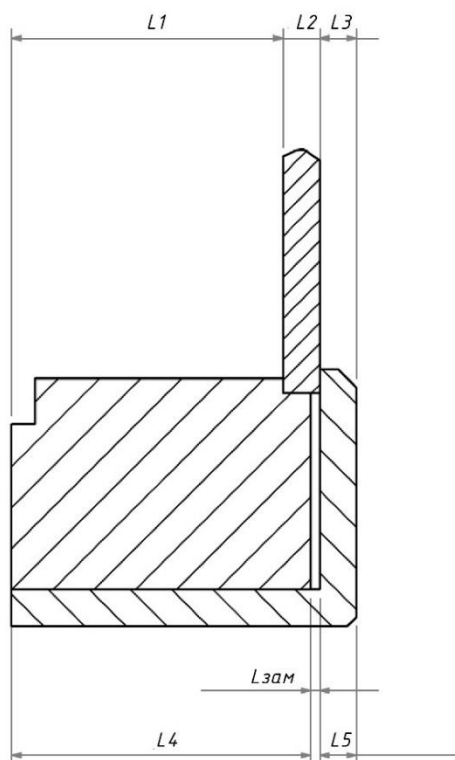


Рис. 2.1 Схема розмірного ланцюга

Приведемо дані розміру ланок для розрахунку в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 Дані для розрахунку розмірного ланцюга

Назва	Тип ланки	Розмір	Допуск	$K_i$
$L_1$	збільшувальна	14	-0,027	-0,0135
$L_2$	Збільшувальна	2	+0,014	+0,007
$L_3$	Збільшувальна	2	-0,014	-0,007
$L_4$	Зменшувальна	15	-0,027	-0,0135
$L_5$	Зменшувальна	2	-0,014	-0,007

Для початку визначимо номінальне значення замикаючої ланки  $L_{зам}$  та значення допуску замикаючої ланки  $\delta_{зам}$ :

$$L_{\text{зам}} = \sum_1^n L_{\text{зб}} - \sum_1^p L_{\text{зм}} = (L_1 + L_2 + L_3) - (L_3 + L_4), \quad (2.4)$$

$$\delta = \sum \delta_i, \quad (2.5)$$

$$L_{\text{зам}} = (14 + 2 + 2) - (15 + 2) = 1;$$

$$\delta = (0.027 + 0.014 + 0.014 + 0.027 + 0.014) = 0.096.$$

Далі виконаємо розрахунки розмірного ланцюга за координатним та екстремальним методом (з врахуванням номіналів та без врахування номіналів)[31].

### Координатний метод

Виконаємо розрахунок значення середини замикаючої ланки  $K_{\text{зам}}$  за формулою:

$$K_{\text{зам}} = \sum_1^n K_{\text{ізб}} - \sum_1^n K_{\text{ізм}}, \quad (2.6)$$

де  $K_{\text{ізб}}$  - середина меж допусків збільшувальних ланок,  $K_{\text{ізм}}$  - середина меж допусків зменшувальних ланок.

$$K_{\text{зам}} = (-0.0135 + 0,007 - 0.007) - (-0,0135 - 0,007) = 0,007$$

Далі визначимо відхилення замикаючої ланки (верхні і нижні):

$$(ВВ)_{\text{зам}} = K_{\text{зам}} + 0,5 \cdot \delta_{\text{зам}} \quad (2.7)$$

$$(НВ)_{\text{зам}} = K_{\text{зам}} - 0,5 \cdot \delta_{\text{зам}} \quad (2.8)$$

$$(ВВ)_{\text{зам}} = 0,007 + 0,5 * 0,096 = 0,055;$$

$$(НВ)_{\text{зам}} = 0,007 - 0,5 * 0,096 = -0,041.$$

Отже, виконавши розрахунки, отримали показник замикаючої ланки:

$$L_{\text{зам}} = 1_{-0,041}^{+0,055}$$

### Екстремальний метод з врахуванням номіналів

В даному методі для початку необхідно розрахувати максимальне і мінімальне значення замикаючої ланки:

$$L_{\text{зам}}^{\text{max}} = \sum L_{\text{ізб}}^{\text{max}} - \sum L_{\text{ізм}}^{\text{min}} \quad (2.9)$$

$$L_{\text{зам}}^{\text{min}} = \sum L_{\text{ізб}}^{\text{min}} - \sum L_{\text{ізм}}^{\text{max}} \quad (2.10)$$

$$L_{\text{зам}}^{\text{max}} = (14 + 2,014 + 2) - (14,973 + 1,986) = 1.055$$

$$L_{\text{зам}}^{\text{min}} = (13,973 + 2 + 1,986) - (15 + 2) = 0.959$$

Виконаємо розрахунок верхнього та нижнього відхилення:

$$(BB)_{\text{зам}} = L_{\text{зам}}^{\text{max}} - L_{\text{зам}}, \quad (2.11)$$

$$(HB)_{\text{зам}} = L_{\text{зам}}^{\text{min}} - L_{\text{зам}}, \quad (2.12)$$

$$(BB)_{\text{зам}} = 1,055 - 1 = 0,055$$

$$(HB)_{\text{зам}} = 0,959 - 1 = -0,041$$

Отже, виконавши розрахунки отримали значення замикаючої ланки:  $L_{\text{зам}} =$   
 $1_{-0,041}^{+0,055}$

### Екстремальний метод без врахування номіналів

Розрахуємо верхнє і нижнє відхилення ланок розмірного ланцюга:

$$(BB)_{\text{зам}} = \sum(BBi)_{\text{зб}} - \sum(HBi)_{\text{зм}} \quad (2.13)$$

$$(HB)_{\text{зам}} = \sum(HBi)_{\text{зб}} - \sum(BBi)_{\text{зм}} \quad (2.14)$$

$$(BB)_{\text{зам}} = (0 + 0,014 + 0) - (-0,027 - 0,014) = 0,055$$

$$(HB)_{\text{зам}} = (-0,027 + 0 - 0,014) - (0 + 0) = -0,041$$

Отже, виконавши розрахунки, отримали значення замикаючої ланки:  $L_{\text{зам}} =$   
 $1_{-0,041}^{+0,055}$

Оскільки, ми отримали однакове вирішення задачі, розв'язавши пряму задачу за трьома методами, то значення замикаючої ланки  $L_{\text{зам}} =$

$$= 1_{-0,041}^{+0,055}$$

### **Висновок до технологічної частини**

Під час виконання технологічного розділу була розроблена перспективна головка сканатора. Також розроблено технологічну та структурну схему складання, що значно покращить продуктивність під час процесу складання виробу. Крім того, було розроблено 3D-модель головки сканатора, що надало змогу встановити габаритні розміри.

Проведено технологічні розрахунки для визначення технологічності головки сканатора за 4-ма критеріями: уніфікації вузлів, уніфікації виробу, конструкторської складності, уніфікації деталей. Також було виконано розрахунок параметрів розмірного ланцюга, що дало змогу встановити значення замикаючої ланки для забезпечення надійності конструкції та забезпечення точності складання.

## ВИСНОВКИ

В рамках дипломного проекту було проведено детальне дослідження з розробки автоматизованої системи лазерно-світлової терапії. Виконано аналіз основних параметрів і властивостей лазерного випромінювання та його вплив на біологічні тканини. Проведено огляд та аналіз літературних та патентних джерел для визначення класифікації методів лазерної фототерапії, що дозволило зробити огляд та класифікацію існуючих пристроїв та систем для даного виду лікування.

Одним з значущих результатів проекту є розробка структурно-функціональної схеми АСЛСТ, на технічне рішення якої було отримано **Патент України № 152708**. Також розроблено алгоритми керування роботою АСЛСТ. Крім того, розраховано параметри лазерного випромінювання та електричних ланцюгів і визначати оптимальні значення для ефективного лікування.

Розроблена автоматична система лазерної світлової терапії є ефективним інструментом для проведення процедур. Вона може забезпечити безпеку і точність лікування шляхом контролю температури лазерного випромінювання на біологічні тканині. Також виконано технічні розрахунки та розроблено структурну та технологічну схему складання. Крім того, виконані розрахунки параметрів розмірного ланцюга для забезпечення точності під час складання.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ЧМПП «Фотоника Плюс» - Апарат лазерний скануючий двоканальний "Медик-2К". ЧМПП «Фотоника Плюс» - Home. URL: <http://www.fotonikaplus.com.ua/produktsiya/lazernye-apparaty/apparat-lazernyj-skaniruyushchij-medik-2k.html> (дата звернення: 02.05.2023).
2. Лазерні, оптико-електронні прилади та системи. Ч.2. Параметри лазерного випромінювання: монографія / Ю. П. Мачехін, О. С. Гнатенко ; Харків : ФОП Панов А.М., 2021. – 145 с. ISBN 978-966-637-975-0
3. Лазерні технології. Конспект лекцій [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. Г. С. Тимчик. – Електронні текстові дані (1 файл 6,22 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 276 с.
4. Вплив низькоінтенсивного лазерного випромінювання на біологічні об'єкти (огляд літератури) [Текст] / В. В. Пантьо, В. І. Ніколайчук, В. І. Пантьо // Науковий вісник Ужгородського університету : Серія: Біологія / редкол.: В.І. Ніколайчук (гол. ред.), В.В. Моргун, М.Я. Співак та ін. – Ужгород: Видавництво УжНУ «Говерла», 2009. – Вип. 26. – С. 99–106. – Бібліогр.: с. 105–106 (31 назва).
5. Бородай І.І., Прудніков Д.К., БІОФІЗИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВПЛИВУ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА БІОЛОГІЧНІ ТКАНИНИ /«Фізика та медицина у сучасному житті», Збірник тез доповідей VII Всеукраїнської науково-технічної конференції, Випуск 7. – Одеса: ОП, ІМІ, кафедра біомедичної інженерії / Укл.: Дудзінський Ю.М., Манічева Н.В., Сакун С.К. – 2021. – С. 47–51.
6. Апарат для фототерапії : пат. JP2006015051A Японія. Опубл. 19.01.2006. URL: <https://patents.google.com/patent/JP2006015051A/en> (дата звернення: 05.05.2023).

7. Лазерна фотодинамічна терапія : пат. US9949877B2 США. URL: <https://patents.google.com/patent/US9949877B2/en> (дата звернення: 05.05.2023).
8. Автоматизована система лазерного лікування : пат. US9084622B2 США. Опубл. 24.04.2018. URL: <https://patents.google.com/patent/US9084622B2/en> (дата звернення: 05.05.2023).
9. Система лазерної терапії з УФА та лазерним світлом : пат. EP2548617B1 eu. Опубл. 20.08.2014. URL: <https://patents.google.com/patent/EP2548617B1/en>. (дата звернення: 05.05.2023).
10. Терапевтичний світловий прилад : пат. US20030199946A1 США. URL: <https://patents.google.com/patent/US20030199946> (дата звернення: 05.05.2023).
11. Evans JR, Michelessi M, Virgili G. Laser photocoagulation for proliferative diabetic retinopathy. *Cochrane Database Syst Rev*. 2014 Nov 24;2014(11):CD011234. doi: 10.1002/14651858.CD011234.pub2. PMID: 25420029; PMCID: PMC6823265.
12. Dolmans DE, Fukumura D, Jain RK. Photodynamic therapy for cancer. *Nat Rev Cancer*. 2003 May;3(5):380-7. doi: 10.1038/nrc1071. PMID: 12724736.
13. Woodhams JH, MacRobert AJ, Novelli M, Bown SG. Photodynamic therapy with WST09 (Tookad): quantitative studies in normal colon and transplanted tumours. *Int J Cancer*. 2006 Jan 15;118(2):477-82. doi: 10.1002/ijc.21335. PMID: 16052532.
14. Adonyss CarbonFrax CO2 Фракційний лазер CO2. Adonyss - професійне лазерне та косметологічне обладнання. URL: <https://adonyss.com.ua/ua/product/carbonfrax-co2> (дата звернення: 23.05.2023).
15. Bio-Synthesis. Bio-Therapeutic. URL: <https://bio-therapeutic.com/products/bio-synthesis> (дата звернення: 23.05.2023).
16. MeDioStar\_EN - ASCLEPION. ASCLEPION. URL: [https://asclepion.com/en/mediostar\\_en/](https://asclepion.com/en/mediostar_en/) (дата звернення: 23.05.2023).
17. Пащенко Г.А, Терещенко М.Ф., Алгоритми керування комплексами лазерно-світлової терапії / Сучасні технології біомедичної інженерії : матеріали II міжнародної науково-технічної конференції 17–19 травня 2023 р. / за заг. ред. І. В. Прокоповича, Н. В. Манічевої ; Нац. ун-т «Одеська політехніка». —Вінниця : ПП «ТД «Едельвейс і К», 2023. — с.152-156

18. Пащенко Г.А., Терещенко М.Ф., Лазеротерапевтична автоматизована система / Автоматизація, електроніка, інформаційно-вимірювальні технології: освіта, наука, практика : матеріали IV Міжнарод. наук.-техн. конфер., 01-02 грудня 2022 р. / Г.В. Лісачук (голова оргком.) Х. 2022. 232 с., - с.50-51
19. Патент на корисну модель № 152708 Система лазерно-світлової терапії / Пащенко Г.А., Терещенко М.Ф., опубл. Бюл.№13 29.03.2023 р.
20. Dolotov LE, Sinichkin YP, Tuchin VV, Utz SR, Altshuler GB, Yaroslavsky IV. Design and evaluation of a novel portable erythema-melanin-meter. *Lasers Surg Med.* 2004;34(2):127-35. doi: 10.1002/lsm.10233. PMID: 15004824.
21. Тимчик Г. С. Моніторинг зміни температур при лазерній терапії / Г. С. Тимчик, М. Ф. Терещенко, М. Р. Печена. // Вісник НТУУ «КПІ». Серія Приладобудування. – 2014. – №47. – С. 156–162.
22. Біомедичні оптико-електронні інформаційні системи і апарати : навчальний посібник. Ч. 3 : Лазерні біомедичні системи / В. П. Кожем'яко, З. Ю. Готра, С. В. Павлов [та ін.] ; МОН України. – Вінниця : ВДТУ, 2000. – 143 с.
23. Грушецька М.Г. Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання. Приклади розв'язку задач: Навчальний посібник. – Луцьк: РВВ ЛДТУ, 2006. – 194с.
24. Тимчик Г.С. Дослідження впливу лазерного випромінювання на температурні процеси в біологічних тканинах / Г. С. Тимчик, М. Ф. Терещенко, О. Г. Ляшенко, О. С. Гнатейко. // Вісник НТУУ «КПІ». Серія Приладобудування. – 2015. – №49. – С. 153–158.
25. Sergey Matvienko, Vadim Shevchenko, Mykola Tereshchenko, Anatolii Kravchenko, Ruslan Ivanenko, “Determination of composition based on thermal conductivity by thermistor direct heating method”, *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1/5 (103), pp. 19–29, 2020. doi: 10.15587/1729-4061.2020.193429.
26. Mellerio J. Safety with lasers and other optical sources: a comprehensive handbook / J. Mellerio, D. Sliney., 2013. – 1035 с.

27. Терещенко М. Ф. Оцінка та контроль ефективності впливу на біологічний об'єкт лазерним випромінюванням / М. Ф. Терещенко, С. П. Якубовський. // Вісник НТУУ «КПІ». Серія Приладобудування. – 2012. – №44. – С. 90–97.

28. Структурно-алгоритмічна реалізація визначення оптичних характеристик біологічних тканин у методі комплексного спостереження за станом БТО / Безугла Н. В., Ключко Т. Р., Безуглий М. О., Тимчик Г. С. // Вісник НТУУ «КПІ». Приладобудування : збірник наукових праць. – 2006. – Вип. 32. – С. 152–157.

29. Швидкий В.В., Терещенко М. Ф. Динаміка змін параметрів лазерного випромінювання в біологічних тканинах // Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування. – 2017.– Вип. 54(2)/ 2017 ,– С.111-117.

30. Технологія складання, регулювання та випробування приладів: Підручник/ В.О. Румбешта. –К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 364 с. Бібліогр.: с.361-362. – 100 пр. ISBN 978-966-622-633-7

31. Грушецька М.Г. Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання. Приклади розв'язку задач: Навчальний посібник. – Луцьк: РВВ ЛДТУ, 2006. – 194с.

32. 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.

33. 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**

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Директор ТОВ «НМЦ МЕДІНТЕХ»



АКТ 4/2023

**впровадження в виробництво матеріалів ескізного проекту**

на тему: **Автоматизована система лазерно-світлової терапії**

розробленого **Терещенко Миколою Федоровичем** та студентом гр. ПБ- 92

**Пашенко Глібом Андрійовичем.**

Проведені роботи та дослідження виконані в ескізному проекті відповідають завданням державної цільової програми наукових досліджень НАН України «Матеріали для медицини і медичної техніки та технології їх отримання і використання» на 2017-2022 роки, затвердженої Постановою Президією НАН України №76 від 15.03.2017 р. та договору про співпрацю між НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» та ТОВ «НМЦ МЕДІНТЕХ» №Д/0002.01/197/2022 від 26.09.2022 р. впроваджені в наше виробництво на основі наступних підстав:

Результати розробки і дослідження є актуальним при створенні нових типів автоматизованих апаратів лазерно-світлової терапії, які на даний час широко використовуються в лікувальній практиці, при цьому проаналізовані їх принципи побудови та структурні схеми, запропонована методика розрахунку параметрів оптичного та лазерного випромінювання та енергообміну, з врахуванням запобігання перегину чи недостатньо ефективної дії на тканину, розробки ескізних схеми та конструкції автоматизованих апаратів і систем, згідно Програми пріоритетних досліджень на 2018-2023 рр.

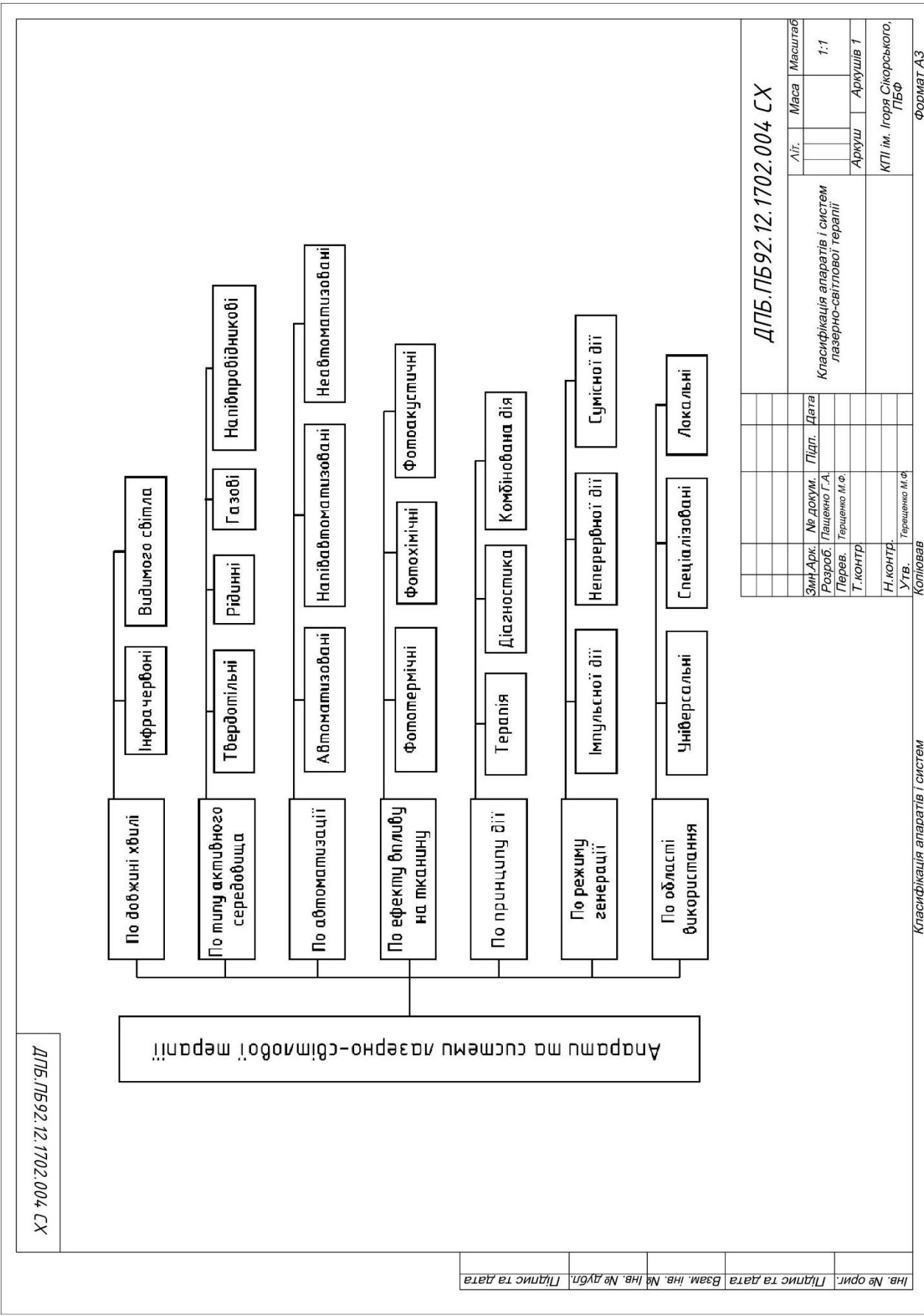
В роботі запропоновано методику розрахунку параметрів оптичного та лазерного випромінювання та енергообміну та отриманий **патент України** на нове технічне рішення – система лазерно-світлової терапії (**патент України № 152708**), їх результати впроваджені в «Науково – методичному центрі МЕДІНТЕХ».

1. Результати досліджень, методики розрахунків, схеми та структури систем лазерно-світлової терапії були та використовуються в даний час в спільних роботах ТОВ «НМЦ МЕДІНТЕХ» та НТТУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського».

Отримані результати по проектуванні використовувалися та використовуються в підрозділах ТОВ «НМЦ МЕДІНТЕХ» в 2021-2023 рр.



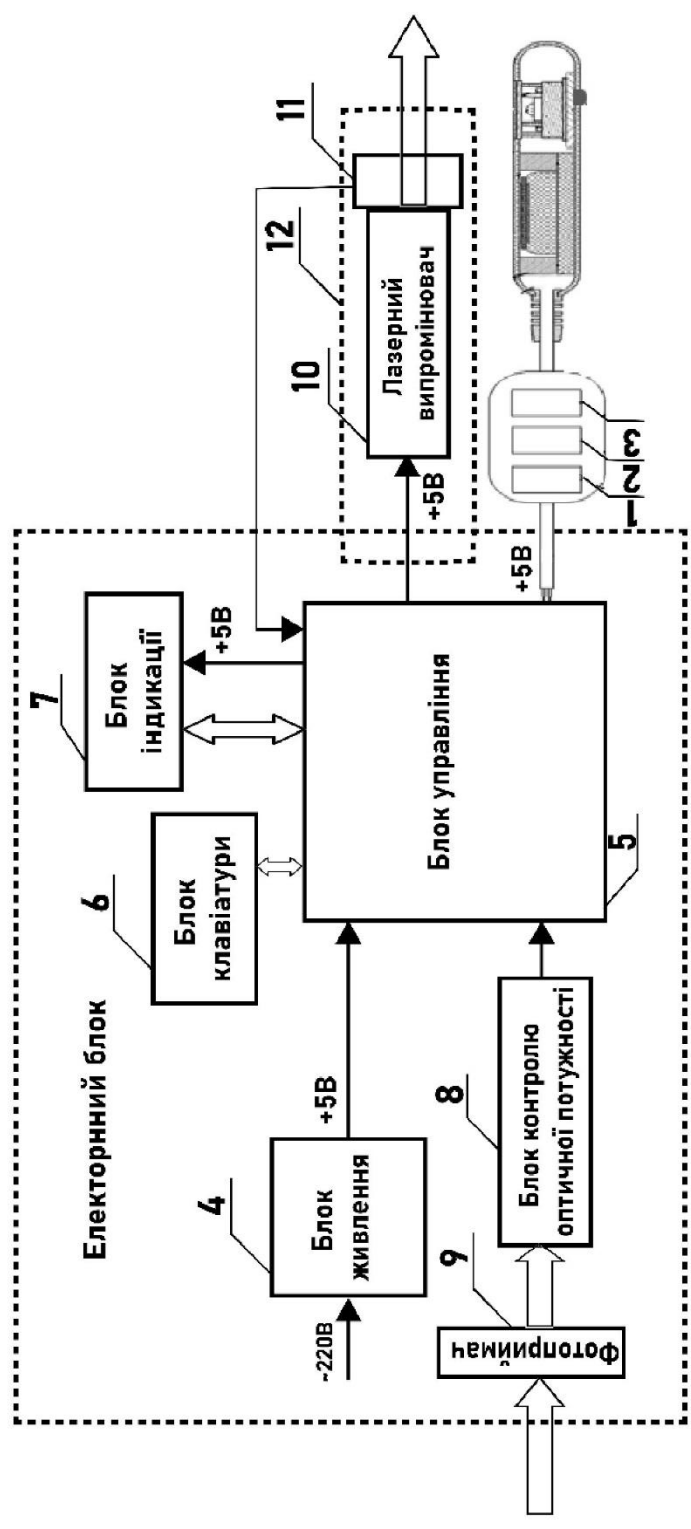
Перв. застосув.		ДПБ.ПБ92.12.1702.003 СХ																																	
Довід. №		<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); border: 1px solid black; padding: 5px; margin-right: 10px;">Методи лазерно-світлової терапії</div> <div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Лазерна фотокоагуляція</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Лазерна абляція</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Лазерна фотодеструкція</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Фотодинамічна терапія</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Лазерна фототерапія</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Комбінована лазерна терапія</div> </div> <div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 10px; margin-left: 20px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Терапія поліхроматичним світлом</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Терапія червоним світлом</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Терапія синім світлом</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Терапія зеленим світлом</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Терапія ультрафіолетовим світлом</div> </div> </div>																																	
Підпис та дата						<p style="font-size: 1.2em; font-weight: bold;">ДПБ.ПБ92.12.1702.003 СХ</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Літ.</th> <th style="width: 15%;">Маса</th> <th style="width: 15%;">Масштаб</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"> </td> <td style="text-align: center;"> </td> <td style="text-align: center;">1:1</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Аркуш</td> <td style="text-align: center;">Аркушів 1</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">КПІ ім. Ігоря Сікорського, ПБФ</td> </tr> </tbody> </table>				Літ.	Маса	Масштаб			1:1	Аркуш		Аркушів 1	КПІ ім. Ігоря Сікорського, ПБФ																
Літ.	Маса									Масштаб																									
										1:1																									
Аркуш										Аркушів 1																									
КПІ ім. Ігоря Сікорського, ПБФ																																			
Підпис та дата		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Змн.</th> <th style="width: 15%;">Арк.</th> <th style="width: 15%;">№ докум.</th> <th style="width: 15%;">Підп.</th> <th style="width: 15%;">Дата</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>								Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата																					
Змн.	Арк.					№ докум.	Підп.	Дата																											
Взам. інв. №		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Змн.</th> <th style="width: 15%;">Арк.</th> <th style="width: 15%;">№ докум.</th> <th style="width: 15%;">Підп.</th> <th style="width: 15%;">Дата</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>				Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата																									
Змн.	Арк.					№ докум.	Підп.	Дата																											
Інв. № дубл.		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Змн.</th> <th style="width: 15%;">Арк.</th> <th style="width: 15%;">№ докум.</th> <th style="width: 15%;">Підп.</th> <th style="width: 15%;">Дата</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>				Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата																									
Змн.	Арк.					№ докум.	Підп.	Дата																											
Підпис та дата		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Змн.</th> <th style="width: 15%;">Арк.</th> <th style="width: 15%;">№ докум.</th> <th style="width: 15%;">Підп.</th> <th style="width: 15%;">Дата</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>				Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата																									
Змн.	Арк.					№ докум.	Підп.	Дата																											
Інв. № ориг.		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Змн.</th> <th style="width: 15%;">Арк.</th> <th style="width: 15%;">№ докум.</th> <th style="width: 15%;">Підп.</th> <th style="width: 15%;">Дата</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>				Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата																									
Змн.	Арк.					№ докум.	Підп.	Дата																											
Взам. інв. №		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Змн.</th> <th style="width: 15%;">Арк.</th> <th style="width: 15%;">№ докум.</th> <th style="width: 15%;">Підп.</th> <th style="width: 15%;">Дата</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>				Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата																									
Змн.	Арк.					№ докум.	Підп.	Дата																											
Підпис та дата		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Змн.</th> <th style="width: 15%;">Арк.</th> <th style="width: 15%;">№ докум.</th> <th style="width: 15%;">Підп.</th> <th style="width: 15%;">Дата</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>				Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата																									
Змн.	Арк.					№ докум.	Підп.	Дата																											
Інв. № ориг.		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Змн.</th> <th style="width: 15%;">Арк.</th> <th style="width: 15%;">№ докум.</th> <th style="width: 15%;">Підп.</th> <th style="width: 15%;">Дата</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>				Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата																									
Змн.	Арк.					№ докум.	Підп.	Дата																											
Взам. інв. №		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Змн.</th> <th style="width: 15%;">Арк.</th> <th style="width: 15%;">№ докум.</th> <th style="width: 15%;">Підп.</th> <th style="width: 15%;">Дата</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>				Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата																									
Змн.	Арк.					№ докум.	Підп.	Дата																											
Підпис та дата		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Змн.</th> <th style="width: 15%;">Арк.</th> <th style="width: 15%;">№ докум.</th> <th style="width: 15%;">Підп.</th> <th style="width: 15%;">Дата</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>				Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата																									
Змн.	Арк.					№ докум.	Підп.	Дата																											
Інв. № ориг.		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Змн.</th> <th style="width: 15%;">Арк.</th> <th style="width: 15%;">№ докум.</th> <th style="width: 15%;">Підп.</th> <th style="width: 15%;">Дата</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>				Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата																									
Змн.	Арк.					№ докум.	Підп.	Дата																											
Взам. інв. №		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Змн.</th> <th style="width: 15%;">Арк.</th> <th style="width: 15%;">№ докум.</th> <th style="width: 15%;">Підп.</th> <th style="width: 15%;">Дата</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>				Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата																									
Змн.	Арк.					№ докум.	Підп.	Дата																											
Підпис та дата		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Змн.</th> <th style="width: 15%;">Арк.</th> <th style="width: 15%;">№ докум.</th> <th style="width: 15%;">Підп.</th> <th style="width: 15%;">Дата</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>				Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата																									
Змн.	Арк.					№ докум.	Підп.	Дата																											
Інв. № ориг.		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Змн.</th> <th style="width: 15%;">Арк.</th> <th style="width: 15%;">№ докум.</th> <th style="width: 15%;">Підп.</th> <th style="width: 15%;">Дата</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>				Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата																									
Змн.	Арк.					№ докум.	Підп.	Дата																											
Взам. інв. №		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Змн.</th> <th style="width: 15%;">Арк.</th> <th style="width: 15%;">№ докум.</th> <th style="width: 15%;">Підп.</th> <th style="width: 15%;">Дата</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>				Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата																									
Змн.	Арк.					№ докум.	Підп.	Дата																											
Підпис та дата		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Змн.</th> <th style="width: 15%;">Арк.</th> <th style="width: 15%;">№ докум.</th> <th style="width: 15%;">Підп.</th> <th style="width: 15%;">Дата</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>				Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата																									
Змн.	Арк.					№ докум.	Підп.	Дата																											
Інв. № ориг.		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Змн.</th> <th style="width: 15%;">Арк.</th> <th style="width: 15%;">№ докум.</th> <th style="width: 15%;">Підп.</th> <th style="width: 15%;">Дата</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>				Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата																									
Змн.	Арк.					№ докум.	Підп.	Дата																											
Взам. інв. №		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Змн.</th> <th style="width: 15%;">Арк.</th> <th style="width: 15%;">№ докум.</th> <th style="width: 15%;">Підп.</th> <th style="width: 15%;">Дата</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>				Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата																									
Змн.	Арк.					№ докум.	Підп.	Дата																											
Підпис та дата		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Змн.</th> <th style="width: 15%;">Арк.</th> <th style="width: 15%;">№ докум.</th> <th style="width: 15%;">Підп.</th> <th style="width: 15%;">Дата</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>				Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата																									
Змн.	Арк.					№ докум.	Підп.	Дата																											
Інв. № ориг.		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Змн.</th> <th style="width: 15%;">Арк.</th> <th style="width: 15%;">№ докум.</th> <th style="width: 15%;">Підп.</th> <th style="width: 15%;">Дата</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>				Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата																									
Змн.	Арк.					№ докум.	Підп.	Дата																											
Взам. інв. №		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Змн.</th> <th style="width: 15%;">Арк.</th> <th style="width: 15%;">№ докум.</th> <th style="width: 15%;">Підп.</th> <th style="width: 15%;">Дата</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>				Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата																									
Змн.	Арк.					№ докум.	Підп.	Дата																											
Підпис та дата		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Змн.</th> <th style="width: 15%;">Арк.</th> <th style="width: 15%;">№ докум.</th> <th style="width: 15%;">Підп.</th> <th style="width: 15%;">Дата</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>				Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата																									
Змн.	Арк.					№ докум.	Підп.	Дата																											
Інв. № ориг.		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Змн.</th> <th style="width: 15%;">Арк.</th> <th style="width: 15%;">№ докум.</th> <th style="width: 15%;">Підп.</th> <th style="width: 15%;">Дата</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>				Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата																									
Змн.	Арк.					№ докум.	Підп.	Дата																											
Взам. інв. №		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Змн.</th> <th style="width: 15%;">Арк.</th> <th style="width: 15%;">№ докум.</th> <th style="width: 15%;">Підп.</th> <th style="width: 15%;">Дата</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>				Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата																									
Змн.	Арк.					№ докум.	Підп.	Дата																											
Підпис та дата		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Змн.</th> <th style="width: 15%;">Арк.</th> <th style="width: 15%;">№ докум.</th> <th style="width: 15%;">Підп.</th> <th style="width: 15%;">Дата</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>				Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата																									
Змн.	Арк.					№ докум.	Підп.	Дата																											
Інв. № ориг.		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Змн.</th> <th style="width: 15%;">Арк.</th> <th style="width: 15%;">№ докум.</th> <th style="width: 15%;">Підп.</th> <th style="width: 15%;">Дата</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>				Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата																									
Змн.	Арк.					№ докум.	Підп.	Дата																											
Взам. інв. №		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Змн.</th> <th style="width: 15%;">Арк.</th> <th style="width: 15%;">№ докум.</th> <th style="width: 15%;">Підп.</th> <th style="width: 15%;">Дата</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>				Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата																									
Змн.	Арк.					№ докум.	Підп.	Дата																											
Підпис та дата		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Змн.</th> <th style="width: 15%;">Арк.</th> <th style="width: 15%;">№ докум.</th> <th style="width: 15%;">Підп.</th> <th style="width: 15%;">Дата</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>				Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата																									
Змн.	Арк.					№ докум.	Підп.	Дата																											
Інв. № ориг.		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Змн.</th> <th style="width: 15%;">Арк.</th> <th style="width: 15%;">№ докум.</th> <th style="width: 15%;">Підп.</th> <th style="width: 15%;">Дата</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr></tbody></table>				Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата																									
Змн.	Арк.					№ докум.	Підп.	Дата																											



Інв. № ориг.	Підпис та дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підпис та дата
--------------	----------------	--------------	--------------	----------------

<b>ДПБ.ПБ92.12.1702.004 СХ</b>			
Змін. Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
Розроб.	Пациєнко Г.А.		
Перев.	Терещенко М.Ф.		
Т. контр.			
Н. контр.			
Утв.	Терещенко М.Ф.		
Копіював			
Класифікація апаратів і систем			
Літ.		Маса	Масштаб
			1:1
Класифікація апаратів і систем лазерно-світлової терапії		Аркуш	Аркушів 1
КПІ ім. Ігоря Сікорського, П'яф			
Формат А3			

ДПБ.ЛБ92.12.1702.005 СХ



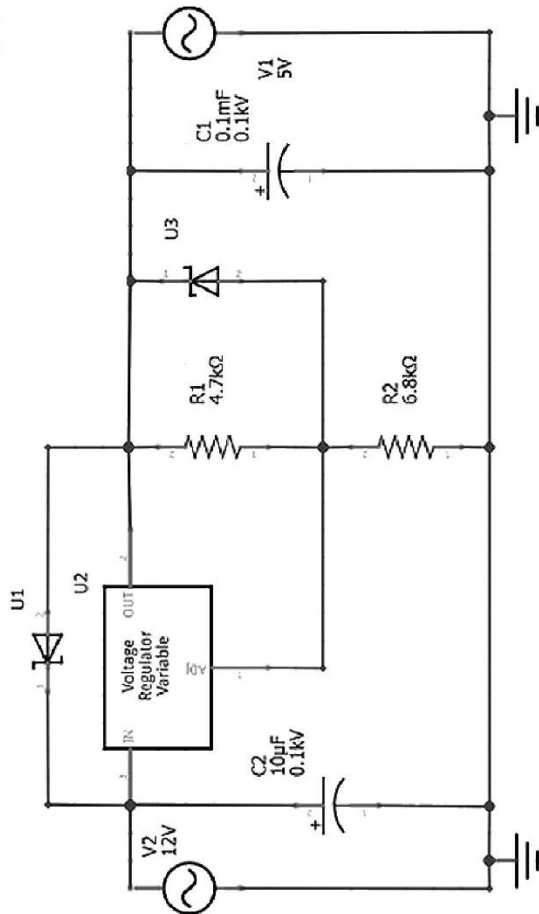
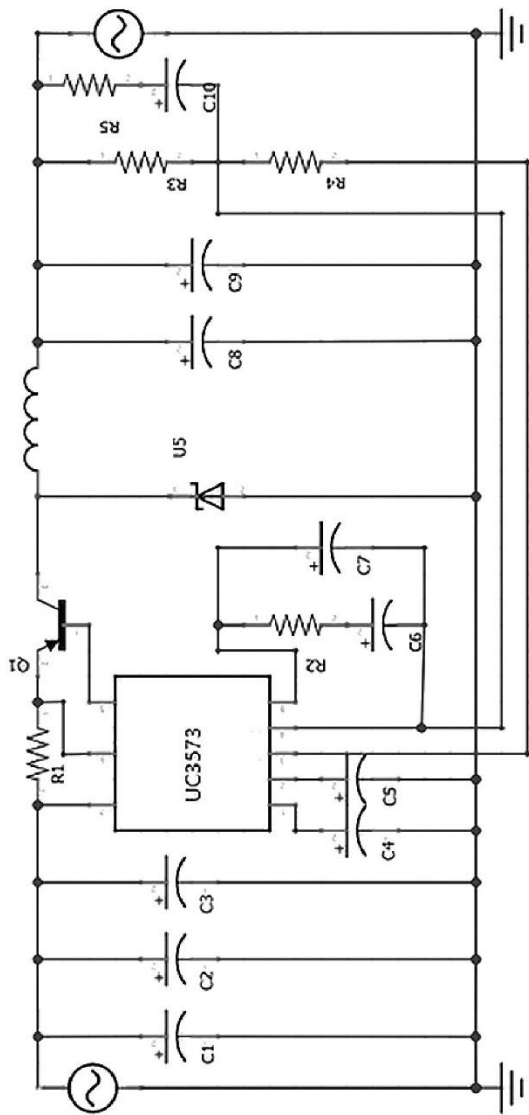
Інв. № ориг. Підпис та дата  
 Взам. інв. № Інв. № дубл. Підпис та дата

ДПБ.ЛБ92.12.1702.005 СХ		Літ.	Маса	Масштаб
Структурно-функціональна схема апарату				1:1
Змін. Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	
Розроб.	Пашенко Г.А.			
Перев.	Терещенко М.Ф.			
Т. контр.				Аркуш Аркушів 1
Н.контр.				КПІ ім. Ігоря Сікорського, ЛБФ
Утв.	Терещенко М.Ф.			Формат А3

Структурно-функціональна схема

Копіював

ДПБ.ПБ92.12.1702.006 СХ

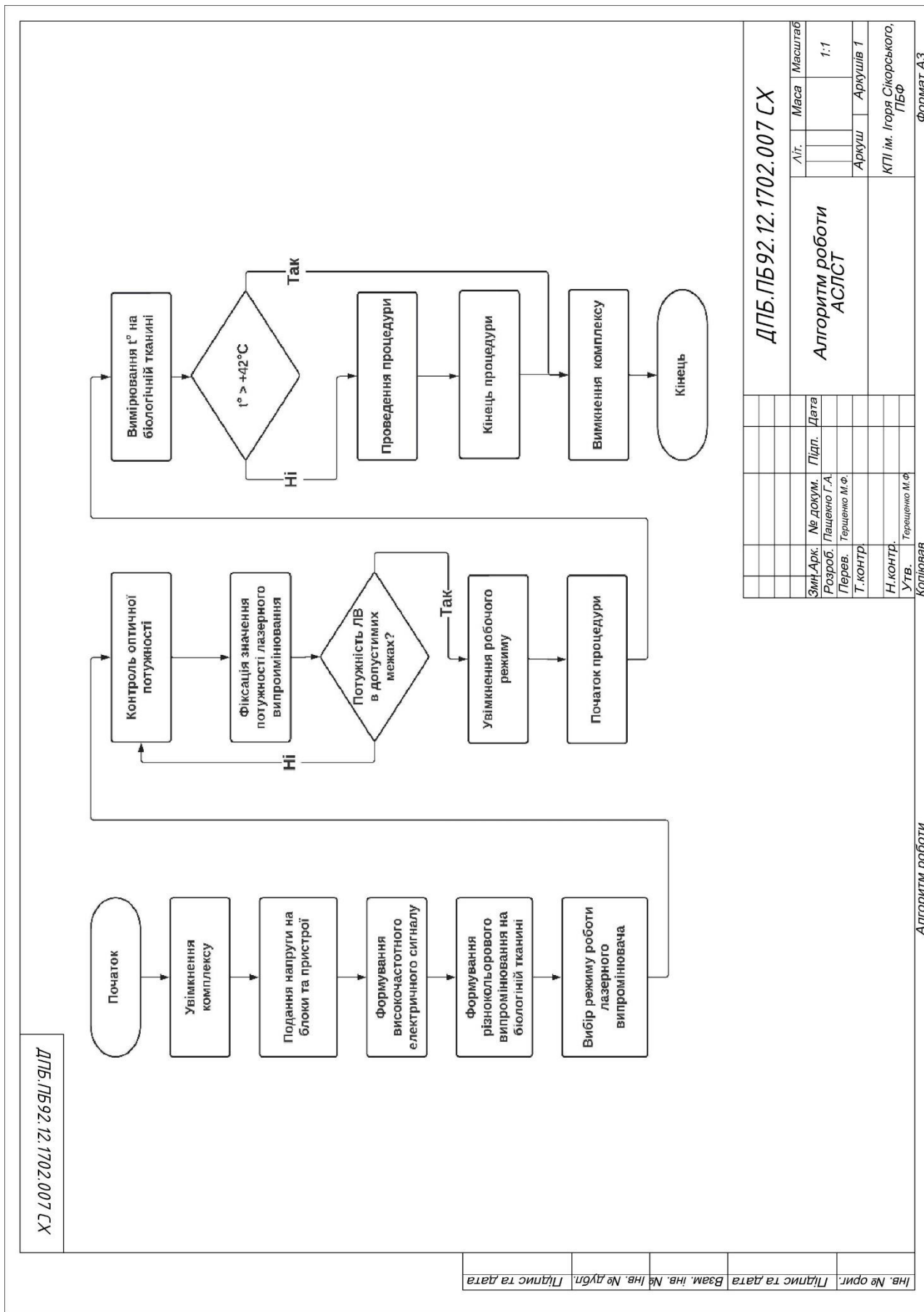


Інв. № опр.	Ліценз та дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Ліценз та дата
-------------	----------------	--------------	--------------	----------------

ДПБ.ПБ92.12.1702.006 СХ

Літ.	Маса	Масштаб
		1:1
Електрична схема АСЛСТ		
Змін Арх.	№ докум.	Дата
Розроб.	Пашченко Г.А.	
Перев.	Терещенко М.Ф.	
Т. конгр.		
Н. конгр.		
Утв.	Терещенко М.Ф.	
Коплював		
Архуш Архушів 1		
КПІ ім. Ігоря Сікорського, ПБФ		
Формат А3		

Електрична схема



ДПБ.ПБ92.12.1702.007 СХ

Алгоритм роботи АСПЛС

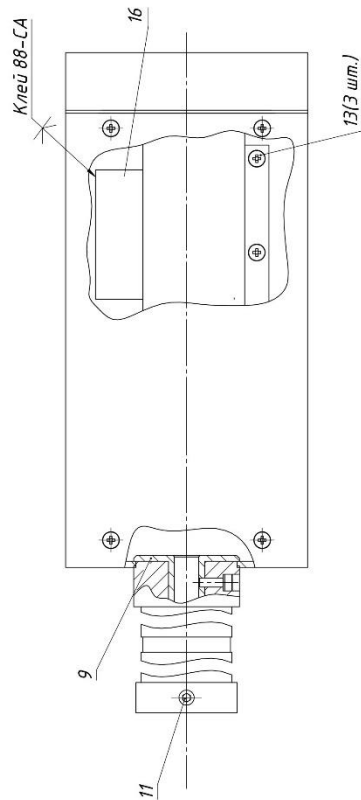
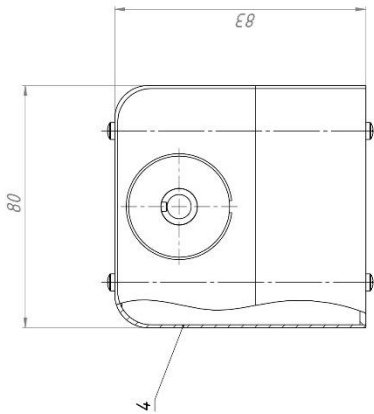
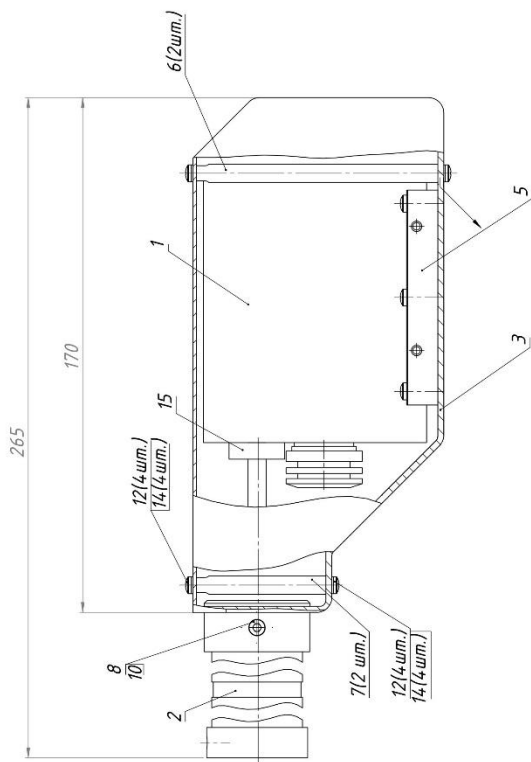
Зміц. Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Літ.	Маса	Масштаб
Розроб.	Пащенко Г.А.					1:1
Перев.	Терещенко М.Ф.			Аркуш	Аркушів	1
Т.контр.				КПІ ім. Ігоря Сікорського, ПБФ		
Н.контр.				Формат А3		
Утв.	Терещенко М.Ф.					

Копіював Алгоритм роботи

Інв. № ориг.	Підпис та дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підпис та дата
--------------	----------------	--------------	--------------	----------------



ДПБ.ЛБ92.101702.009 СК



1. Скло поз. 16 клеїти до дна поз. 3 клеєм симетрично до контуру отвору

Змін. Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Літ.	Маса	Масштаб
	Розроб. Пашинко Г.А.					1:1
	Перев. Терещенко М.Ф.					
	Т.контр.					
	Нач. МБ					
	Н.контр.					
	Т.контр.					
	Н.контр.					
Головна сфера: Головка сканатора						
Головна сфера: Складальний						
Головна сфера: Креслений						
Головна сфера: Аркуш 1						
Головна сфера: Аркуш 1						
Головна сфера: КПП ім. Вєра Скорська						
Головна сфера: ЛБФ						
Головна сфера: Формат А3						

ДПБ.ЛБ92.12.1702.009 СК

Копіював



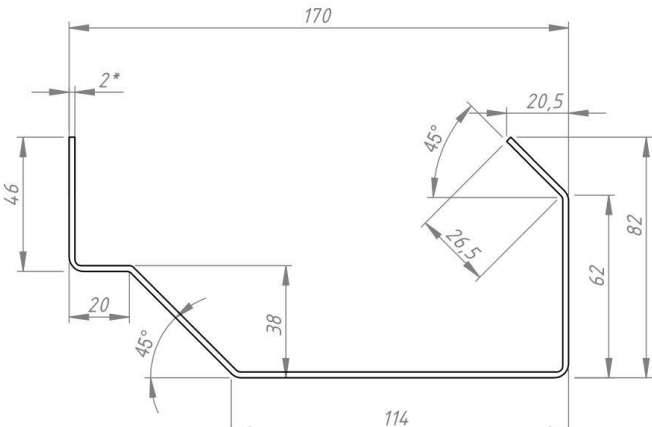
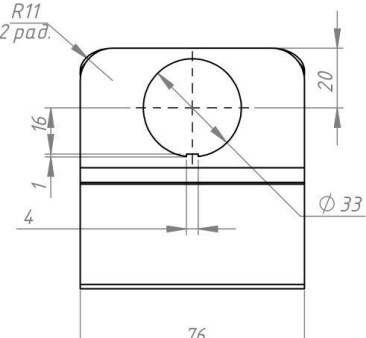


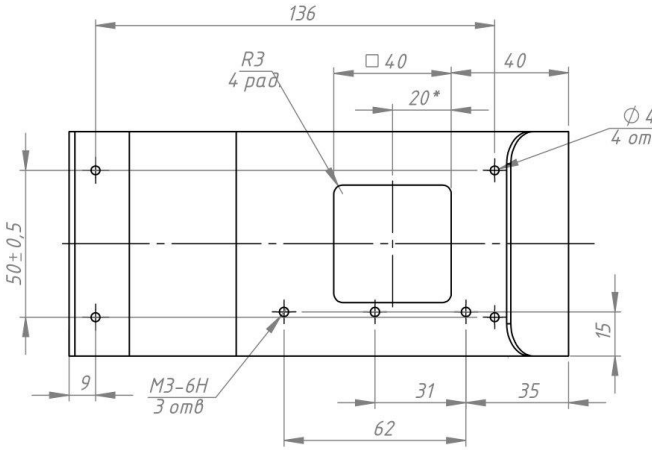
1

ДПБ.ПБ92.12.1702.009.01

Перв. застосуєв.

Довід. №



1. \*Розмір для довідок  
 2. H14, h14, 1/4IT14/2.  
 3. Внутрішні радіуси згибів 2 мм.

ДПБ.ПБ92.12.1702.009.01

Зм.	Арк	№ докум.	Подп.	Дата		Літ.	Маса	Масштаб
Розробив		Пащенко Г.А.			Дно		0,33	1:2
Перевірів		Терещенко М.Ф.						
Т. контр.						Лист	Аркушів	
Н. контр.						КПІ ім. Ігоря Сікорського, ПБФ		
Затвердив		Терещенко М.Ф.			Лист 2 А-ПН ДСТУ 8540:2015			

Інв. № ориг.

Підпис та дата

Взам. інв. №

Інв. № дубл.

Підпис та да дата

1

Копіював

Формат А4

Файл: Дно





