

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра мікроелектронних та електронних інформаційних систем
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

другий (магістерський)

(рівень вищої освіти)

на тему: Вивчення та розробка пристрою для
комплексної термії дерматологічних
захворювань

Виконав: студент II курсу, групи _____
спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна
техніка

(код і назва спеціальності)

освітньої програми Мікроелектронні інформаційні
системи

(код і назва освітньої програми)

спеціалізації _____

(код і назва спеціалізації)

Муромов О.М.

(ініціали та прізвище)

Керівник професор к.т.н. Міщенко З.А.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент досл. рад. цеха ПАТ "Українські Небінкоз".

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра мікроелектронних та електронних інформаційних систем
Рівень вищої освіти другий (магістерський)
Спеціальність 153 «Мікро- та наносистемна техніка»
(код і назва)
Освітня програма Мікроелектронні інформаційні системи
(код і назва)
Спеціалізація _____

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Критська Т.В.

“ 10 ” 12 міс 2021 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Кициленко Олександр Михайлович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) „Дослідження та розробка
присаду для комлекса термії
термостабілізованих захворованих
керівник роботи Микожево Зоя Анатоліївна, к.т.н. професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від “ _____ ” _____ 2021 року № _____

2 Строк подання студентом роботи 15 листопада 2021 р.

3 Вихідні дані до роботи $U = 12 В$; $R = 0,5 ВТ$; $L = 0,89 мкГ$; $f = 80 Гс$; $P_2 = 20-60 ВТ$; $f_3 = 880 Гс$; $\tau = 1-10 мБ$;
 $P_3 = 2 ВТ$;

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Порівняльний аналіз методів термії гермаїтотичних захворованих. 2. Розробка і виконання присаду для термії гермаїтотичних захворованих. 3. Техніко-експертне обґрунтування. 4. Охорона праці та технологічне безпека.

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових кр

- 1 - Бюж-схема приладу для термії герметизації захв
- 12 - Структурна схема приладу вгоріно по флюороскопію випров
- 13 - Різунковий силіконовий фільм з захвок кассети 46.
- 14 - Структурна схема приладу фільм з захвок кассети 46.
- 15 - Усі екранові прилади для термії герметизації захв
- 16 - Результати екранованні приладів випров. Екранів Екранів
- 17 - Результати екранованні приладів в програмній масиві при
- 18 - Результати екранованні фільмів на батерів. в програмній масиві при

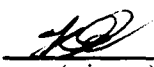
6 Консультанти розділів роботи

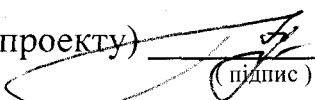
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, да	
		завдання видав	з г
I	Миконова З.А.	01.09.2024	
II	Миконова З.А.		
III	Миконова З.А.		
IV	Миконова З.А.		

7 Дата видачі завдання 01 вересня 2024р.

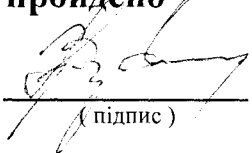
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи магістра	Строк виконання етапів роботи
I	Вступ	01.09.21-27.09.21
II	Оригинальний аналіз екранів термії герметизації захв	28.09.21-11.10.21
III	Порівняльний аналіз приладу для термії герметизації захв	12.04.21-01.11.21
IV	Темно-екранові відбитки.	02.11.21-06.12.21
	Результати приладів по темному екрану	
V	Захисні кваліфікаційної роботи	15.12.2021

Студент  Миконович О.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи (проекту)  Миконова З.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер  Первокин Л.Л.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота містить 95 стор., 21 рис., 12 табл., 1 додаток, 31 джерело літератури

Об'єкт дослідження – прилади та пристрої для комплексної терапії дерматологічних захворювань.

Ціль роботи – розробка і моделювання приладу для терапії захворювань шкіри.

Задачі роботи – розробка блок-схеми приладу для комбінованої терапії дерматологічних захворювань, розрахунок і проектування базових вузлів, розробка електричної схеми приладу.

Методика досліджень – моделювання в програмному симуляторі MicroCAP та середовищі Electronics Workbench

Короткий виклад результатів досліджень – розроблено прилад для терапії дерматологічних захворювань на основі комбінованого метода лікування.

Результати впровадження – пристрій пройшов випробування на кафедрі мікроелектронних та електронних інформаційних систем.

Прогнозні пропозиції – рекомендовано використовувати в лікарнях, реабілітаційних центрах та інших медичних закладах.

ДЕРМАТОЛОГІЯ, ЛАЗЕР, УЛЬТРАФІОЛЕТ, УЛЬТРАЗВУК,
ВИПРОМІНЮВАННЯ, ПІДСИЛЮВАЧ, ФІЛЬТР НИЗЬКИХ ЧАСТОТ

Кваліфікаційна робота виконана в Інженерному навчально-науковому інституті Запорізького національного університету на кафедрі мікроелектронних та електронних інформаційних систем в період з 14.06.2021 р. по 24.12.2021 р.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1.1 Лазери в дерматології.....	14
1.2 Ультрафіолет в дерматології	17
1.2.1 Методи лікування із застосуванням ультрафіолетового випромінювання.....	19
1.2.1.1 ПУВА (фотохіміотерапія).....	20
1.2.1.2 Селективна фототерапія.....	21
1.2.1.3 Фототерапія УФА-1 променями.....	22
1.2.1.4 Фототерапія УФБ променями вузького спектру (311 нм).....	22
1.2.1.5 Комбінована фототерапія	22
1.2.1.6 Фотодинамічна терапія	23
1.3 Ультразвук в дерматології	23
2 РОЗРОБКА І МОДЕЛЮВАННЯ ПРИЛАДУ ДЛЯ ТЕРАПІЇ.....	26
ДЕРМАТОЛОГІЧНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ.....	26
2.1 Розробка блок-схеми приладу	26
2.2 Технічне завдання на розробку приладу	27
2.3 Проектування ультразвукового генератора	30
2.4 Обґрунтування вибору елементної бази.....	31
2.4.1 Пристрій управління.....	31
2.4.2 Пристрій відображення інформації	38
2.4.3 Органи керування	40
2.5 Розрахунок випромінювача ультразвукових коливань	40
2.5.1 Порушення об'ємних хвиль за допомогою поверхневих електродів ..	40
2.5.2 Електродне збудження поверхневих акустичних хвиль.....	47
2.5.3 Еквівалентна схема випромінювача	50
2.6 Розробка електричної схеми приладу.....	52
2.6.1 Розрахунок і моделювання підсилювача.....	52
2.6.2 Розрахунок і моделювання фільтра низьких частот	55
3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	63

3.1 Огляд приладів для терапії захворювань шкіри	63
3.2 Порівняльний аналіз приладів для терапії дерматологічних захворювань за критеріями	67
3.3 Розрахунок витрат на елементи електричної схеми	72
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА	73
4.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих факторів.....	73
4.2 Електробезпека	81
4.3 Пожежна та техногенна безпека	83
4.4 Визначення стану виробничого середовища при роботі з комп'ютерною технікою	85
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	89
Література	90

ВСТУП

Дерматологія сьогодні як окремий розділ медицини має не надто давню історію. Виділившись як наукова дисципліна два століття назад, самостійної лікарської спеціальністю вона стала ще пізніше. Її науковою основою став морфологічний напрям, що дозволило розробити ефективні методи діагностики та нозологічної диференціації дерматозів. При вивченні причин їх виникнення доступними для того часу методами виділили ряд груп дерматозів з з'ясованою етіологією - інфекційні та паразитарні, алергічні та токсичні, артіфіціальні і генетично обумовлені ураження шкіри. Однак причини великої кількості неінфекційних дерматозів залишалися неясними, і до недавнього часу цю велику групу хвороб, що включає і саму важку патологію, визначали як захворювання невідомої етіології і неясного патогенезу; емпіричний вибір їх лікування викликав песимізм у багатьох лікарів.

Досягнення медицини останніх десятиліть стали основою іншої методології вивчення патології дерматологічних захворювань і розробки нових технологій. Використання сучасних технологій дослідження і лікування шкірних захворювань дозволили отримати нові наукові факти, багато в чому змінили уявлення про функціональний і структурний стан нормальної і ураженої шкіри і поклали початок новим патогенетичним концепціям і терапевтичним стратегіям.

Якщо раніше багато хвороб шкіри розглядалися на рівні вторинних явищ як сліdstва нейрогенних порушень або захворювань внутрішніх органів, то в даний час особливий інтерес викликають специфічні патологічні процеси, що відбуваються безпосередньо в шкірі. Більше уваги привертають пошкодження метаболізму в кератоцитах та інших клітинах шкіри, порушення в них міжклітинних взаємодій, регуляції апоптозу (програмованої загибелі клітин) і диференціювання, експресії в клітинах-мішенях шкіри

рецепторів до гормонів, нейромедиаторів, цитокінів. Досліджуються причини патологічних реакцій у відповідь на екзогенні антигени і гіперактивності імунокомпетентних клітин на слабкі антигени шкіри, вивчається патофізіологія шкіри як важливого органу імунної системи.

Потужний розвиток науково - технічної і електронної бази, поява нових груп медикаментів надало дерматологів чимало ефективних засобів боротьби не тільки з паразитарними та інфекційними шкірними хворобами, а й багатьма гострими і хронічними неінфекційними дерматозами. Сучасний апаратний арсенал дозволяє домогтися лікування або поліпшення якості життя хворих з шкірними захворюваннями, які раніше вважалися фатально невиліковними.

Впровадження нових пристроїв істотно підвищило відповідальність дерматологів при діагностиці і лікуванні хворих. У зв'язку з цим перед клінічною дерматологією стоять серйозні завдання подальшого вивчення різноманітності форм і стадій розвитку різних шкірних захворювань, чутливих або резистентних до того чи іншого виду лікування і прогностично різних. Результати цих клінічних досліджень, підкріплені експертними та статистичними методами, успішно використовуються в дерматологічній практиці, в тому числі у вигляді орієнтовних стандартів послідовних рівнів і етапів лікування та обстеження хворих з різними формами і стадіями хвороби. Кількість різних форм шкірних захворювань обчислюється сотнями і продовжує неухильно збільшуватися, отже, дерматологія стає особливо складною і аж ніяк не вузькою спеціальністю, що вимагає від фахівця великого обсягу знань і постійного їх оновлення [1], тому достатньо актуальним є питання розробки приладу для терапії дерматологічних захворювань на основі комбінованого метода лікування.

1 ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТЕРАПІЇ ДЕРМАТОЛОГІЧНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ

Дерматологія (від грецьк. derma - шкіра logos - вчення) - розділ медицини, який займається вивченням структури і функцій шкіри, а також діагностикою, лікуванням і профілактикою різних захворювань шкіри.

Найперші згадки про дерматології пов'язані з ім'ям Авіценна, який в своїй праці «Канон медицини» привів опис не тільки симптомів шкірних захворювань (екземи, корости і т.інш.), але і можливі методи їх лікування.

Найбільш активне вивчення хвороб шкіри припадає на другу половину XVIII століття. Австрійські і французькі вчені зайнялися вивченням причин виникнення шкірних захворювань, а також їх описом. Саме в цей час французьким лікарем Ганні Шарль Лорри було запропоновано виділяти хвороби шкіри зовнішнього походження або внутрішнього [1].

Як самостійна галузь медицини наука про шкірні захворювання оформилася лише на початку XIX століття. Дерматологи того часу, не маючи необхідної інформації про причини виникнення хвороб, намагалися лікувати своїх пацієнтів різними лікарськими препаратами, однак не завжди це закінчувалося успіхом.

Сучасна дерматологія зробила крок далеко вперед. Новітні методи діагностики дозволяють визначити причину і збудника захворювання, що необхідно для призначення ефективного лікування. Нерідко причиною хвороби шкіри бувають патологічні процеси всередині організму пацієнта, в таких випадках необхідна консультація не тільки дерматолога, а й інших фахівців.

Причини шкірних хвороб - надзвичайно різноманітні і складні. Шкіра постійно піддається зовнішнім впливам, в тому числі інфекційним (бактерії, віруси, найпростіші, гриби і т.інш.), що може викликати в ній аномальні змі-

ни. З іншого боку, шкіра найтіснішим чином пов'язана з внутрішніми органами і тому їх захворювання теж може послужити причиною патологічного процесу. У розвитку шкірного ураження виключно важливі індивідуальна схильність, ступінь опірності організму, а також соціальні фактори - умови праці та побуту. Прикладами безпосереднього впливу захворювань внутрішніх органів на стан шкіри є її збліднення при анемії, пожовтіння при захворюваннях печінки і жовчного міхура (жовтяниця). На шкірі також відображаються різні порушення обміну речовин: так цукровий діабет викликає появу на шкірі явищ (фурункульозу, свербіжу), вітамінна недостатність дає зміну кольору. Простежується зв'язок шкірних висипань з порушенням функції залоз внутрішньої секреції: наприклад при захворюваннях щитовидної залози на шкірі можуть з'являтися вугрові висипання. Різноманітні шкірні висипи нерідко виникають у хворих з порушеннями в системі кровотворення (лейкози, лімфогранулематози, лімфоми). Вогнища хронічної інфекції такі як тонзиліти, гайморити, каріозні зуби також сприяють розвитку алергічних реакцій в організмі виявляються, в тому числі, і на шкірі. Приклад - кропив'янка, еритема, псоріаз, системний червоний вовчак та інші дерматози. Бувають також вроджені захворювання шкіри, які виникають або в результаті внутрішньоутробного проникнення інфекції, або генетично (спадково) обумовлені.

Клінічні ознаки шкірних хвороб можна розділити на кілька груп: симптоми з боку всього організму (підвищення температури, загальна слабкість та ін.); суб'єктивні шкірні ознаки (підвищення і зниження чутливості, свербіж, печіння, стягання шкіри, оніміння, біль і т.інш.); об'єктивні шкірні симптоми (прояви шкірного захворювання, видимі неозброєним оком або за допомогою спеціальних методів дослідження). Приклад - кропив'янка, еритема, псоріаз, системний червоний вовчак та інші дерматози. Бувають також вроджені захворювання шкіри, які виникають або в результаті внутрішньоутробного проникнення інфекції, або генетично (спадково) обумовлені.

Клінічні ознаки шкірних хвороб можна розділити на кілька груп: симптоми з боку всього організму (підвищення температури, загальна слабкість та

ін.); суб'єктивні шкірні ознаки (підвищення і зниження чутливості, свербіж, печіння, стягання шкіри, оніміння, біль і т.інш.); об'єктивні шкірні симптоми (прояви шкірного захворювання, видимі неозброєним оком або за допомогою спеціальних методів дослідження). Будь-яке шкірне захворювання або дерматоз представлено морфологічними елементами (первинними ефлорісценціями), які прийнято ділити на первинні елементи, тобто ті, які за часом першими з'являються на шкірі, і на вторинні, які виникають в результаті подальшого розвитку первинних елементів.

Причини шкірних хвороб дуже різноманітні. Щоб впоратися з такою проблемою, як гостре або хронічне шкірне захворювання, необхідна консультація фахівця, лікаря-дерматолога.

В даний час для терапії дерматологічних захворювань шкіри найбільш широко застосовується гістологічне дослідження. При цьому для оцінки глибини проникнення в шкіру, товщини і метастазування шкірний покрив піддається видаленню.

Пристрій, що розробляється нами, являє собою програмно - апаратний комплекс, який об'єднує три методи терапевтичного впливу: лазерне, ультразвукове та ультрафіолетове випромінювання.

Розрізняють такі захворювання шкіри: демодекоз, псоріаз, розацеа, дерматит, нейродерміт, екзема, мікози, акне і т.інш. [2]

Дерматит - загальне поняття, що означає запальну реакцію шкіри на різні подразники. Подразники можуть бути як зовнішніми, що викликають контактні дерматити, так і внутрішніми, які є причиною таксидермії.

Залежно від причин виникнення виділяють такі різновиди захворювання:

- атопічне (алергічне);
- грибкове;
- бактеріальне;
- вірусне;
- токсичне і ін.

Відомо, що у будь-якої людини може виникнути штучний (простий) дерматит при впливі певних подразників, наприклад, температурних або променевих, а також при контактах з різними хімічними речовинами або рослинами, при фізичних впливах на шкіру - тертя, тиск і т.д. Однак існують такі подразники, які викликають запальну реакцію шкіри лише у тих людей, які мають підвищену чутливість до них. У такому випадку мова йде про атопічні або алергічні форми захворювання.

Вважається, що існує спадкова схильність до алергічного дерматиту. Нерідко хвороба проявляється вже на першому році життя. У немовлят мокнучі вогнища з'являються на обличчі і сідницях, з плином часу кількість загострень знижується. У дорослих, як правило, уражається шкіра верхньої половини тулуба, на ній з'являються запалені набряклі ділянки з численними бульбашками, при розтині яких утворюються мокнучі виразки. Згодом вони покриваються корками, після яких залишаються тимчасові синюшні плями.

Причина алергічної реакції шкіри може бути спровокована і внутрішніми факторами:

- порушеннями в роботі шлунково-кишкового тракту (дисбактеріоз, запори, порушення травлення і т.інш.);
- хворобами печінки (гепатит, холецистит та ін.);
- хронічними інфекційними захворюваннями;
- гормональними порушеннями;
- різними шкірними захворюваннями;
- прийомом ряду лікарських препаратів.

Лікування дерматиту повинно проводитися під контролем лікаря, який визначить алерген, підбере терапію для нормалізації імунної відповіді на нього, а також призначить місцеве лікування для зниження зовнішніх проявів хвороби. Тільки сучасна діагностика та комплексний підхід дозволять домогтися гарних результатів.

Псоріаз - хронічне шкірне захворювання, що вражає шкіру, лікті, суглоби.

Псоріаз є одним з найбільш поширеним дерматозів - він спостерігається у 1-3% населення (Чистякова І.А., 1997). За даними МОЗ України, сьогодні в нашій країні проживає 67755 хворих з різними формами псоріазу, у 10% з яких діагностують важкі форми цього захворювання.

В Україні в останні роки відзначено зростання захворюваності на псоріаз серед осіб у віці від 18 до 40 років, а також у дітей. Збільшилося число хворих з важкими інвалідуючими формами хвороби, резистентних до різних методів терапії (Глухенький Б.Т., 1998). На думку багатьох вчених, це пов'язано з екологічними проблемами і наслідками аварії на Чорнобильській АЕС.

Лікування псоріазу є складною проблемою в дерматології в зв'язку з недостатньо вивченим патогенезом захворювання, тому єдиної схеми лікування до теперішнього часу не існує. «Традиційні» методи терапії хворих на псоріаз включають в себе використання вітамінів, імуномодуляторів або імуносупресантів, засобів для місцевого застосування і фізіотерапії сьогодні недостатньо.

Одним з найбільш ефективним методів лікування є ПУВА-терапія, представлена в середині 70-х років в США і Європі. При використанні цього методу клінічне поліпшення і ремісія настає в 90% випадків. Позитивна дія ультрафіолетового випромінювання (на його використанні заснована ПУВА-терапія) при псоріазі відомо давно. Раніше лікарі призначали хворим сонячні і морські ванни, УФО, що давало позитивний результат особливо на курортах.

При прийомі фотосенсибілізуючих препаратів і опроміненні довгохвильовими УФ променями (наT.UVA - ультрафіолетове випромінювання спектру А) посилюється дія ультрафіолетових променів. Це стало можливим після створення спеціальних установок, які здатні випромінювати промені необхідного спектра. Як фотосенсибілізатори застосовують препарати групи псорала-

ленов (лат. P). Метод отримав назву фотохіміотерапії або PUVA-терапії (ПУВА-терапія). ПУВА-терапія показана при важких поширених формах псоріазу - ексудативному, поширеному бляшечному, пустульозному, артропатичній еритродермії.

Перевагами даного методу лікування є відсутність звикання, можливість проведення повторних курсів, значне зменшення вираженості важких проявів хвороби і подовженні межрецидивного періоду. Щоб уникнути ризику розвитку побічних явищ, сеанси ПУВА-терапії слід проводити виключно під наглядом спеціально підготовленого персоналу.

Етіологія, патогенез невідомі. Найбільш поширені вірусна, спадкова, неврогенна, обмінна теорія походження псоріазу, жодна з яких не є загально-визнаною. Мабуть, захворювання має мультифакторну природу. У патогенезі певну роль відводять імунологічним, ферментативним і іншим біохімічним порушенням. Захворювання спостерігається у будь-якому віці. Клінічна картина в типових випадках характеризується появою монормфної папульозної висипки, розташованої в основному на розгинальних поверхнях кінцівок (особливо на ліктях і колінах), тулубі, волосистої частини голови. Різко відмежовані папули діаметром від 2-3 мм до 1-2 см рожево-червоного кольору округлих обрисів, кілька виступають над поверхнею шкіри, покриті сріблясто-білими лусочками. При скаблюванні папул виявляються 3 діагностичних феномена: 1) стеаринової плями (лусочки, як стеарин, легко відпадають з поверхні папул); 2) термінальної плівки (після видалення лусочок оголюється червона волога блискуча поверхня); 3) кров'яної роси (на гладкій вологій червоній поверхні з'являється точкова кровотеча). Папули відрізняються вираженою схильністю до ексцентричного росту, що призводить до утворення бляшок, які зливаються в свою чергу в суцільні ділянки ураження з нерівними обрисами.

Екзема - запалення поверхневих шарів шкіри нервово-алергічного характеру, що виникає у відповідь на вплив зовнішніх або внутрішніх подраз-

ників, що відрізняється поліморфізмом висипу, свербінням і тривалим рецидивуючим перебігом.

Екзема спостерігається у будь-якому віці, на будь-якій ділянці шкірного покриву (частіше на обличчі і верхніх кінцівках). Розрізняють справжню, мікробну, себорейну і професійну екзему.

Справжня екзема протікає гостро, підгостро і хронічно. Гостра екзема характеризується яскравою набряклою еритемою з множинними дрібними бульбашками, при розтині яких утворюються точкові ерозії з рясним змокненням, утворенням кірок і лусочок. Суб'єктивно - печіння і свербіж. Тривалість гострої екземи 1,5-2 міс. При підгострому перебігу запальні явища менш виражені: забарвлення вогнищ стає синюшно-рожевого, набряклість і мокність помірні, стихають печіння і свербіж; приєднується інфільтрація. Тривалість процесу - до півроку.

При хронічному перебігу в клінічній картині переважає інфільтрація шкіри; бульбашки і мокнучі ерозії виявляються дуже складно, суб'єктивно - свербіж. Перебіг невизначено довгий, рецидивуючий.

Угри звичайні. При лікуванні звичайних вугрів доцільно включати комплексний вплив з використанням лазерного і ультразвукового випромінювань. При лазеро- і ультрафонофорезі застосовуються антибіотики широкого дії (тетрациклін, еритроміцин) в поєднанні з кортикостероїдами (преднізолон, дексаметазон). При рецидивах рекомендується поєднання впливу ультрафонофореза і черезшкірного опромінення крові.

Фурункули, карбункули. На початку сеансу інфрачервоне лазерне випромінювання направляється по колу навколо кожного фурункула, а потім за допомогою оптичної насадки ОН 6 направляється з деякою декомпресією безпосередньо на його центр. У такій же черговості вплив повторюється кілька разів за сеанс опромінення. Якщо фурункул вже розкрився, його поверхня очищається від гнійного вмісту, покривається 1 - 2 шарами бинта з маззю Вишневського і опромінюється за вищенаведеною методикою без натискання

на центр фурункула. При поширеному фурункульозі необхідно додатково проводити чрезшкіряне опромінення крові з ультрафонофорезом. Консервативна терапія ефективно зменшує запальні процеси навколишніх тканин. Однак абсцедуючі форми фурункулів і прогресуючі карбункули підлягають хірургічному лікуванню, в тому числі за допомогою лазерного скальпеля CO₂.

Вітіліго. Сприятливий терапевтичний ефект спостерігається при лазерофорезі вогнищ депігментації, при якому в якості контактної рідини застосовуються препарати псораленів у вигляді розчинів мелагеніну. Цей метод лікування бажано чергувати з ультрафонофорезом, використовуючи препарати названої групи.

Псоріаз (лускатий лишай).

Ультразвукова і лазерна терапія показана при стаціонарних стадіях захворювання. Ультрафонофорез використовується з різноманітними мазями: 10% іхтіоловою, 2-5% саліциловою, 2-5% псоріанзіном, сернодегтярною і кортикоїдними кремами. Слід зазначити, що при прогресуючих стадіях псоріазу застосування ультразвуку недоцільно, тому що при цьому етапі захворювання лікування повинно бути щадним. Ультразвукова та лазерна терапія показані при стаціонарних стадіях захворювання.

Червоний плоский лишай. З метою лікування цього захворювання лазерний та ультразвуковий вплив можуть бути використані одночасно з нанесенням кортикостероїдних кремів: преднізолонного або гідрокортизонного.

У наш час існує безліч методів лікування дерматологічних захворювань.

Розглянемо три з них: лазерне, ультразвукове та ультрафіолетове випромінювання. [3]

1.1 Лазери в дерматології

Термін "лазер" - аббревіатура від англійського "Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation" - посилення світла за допомогою індукованого випромінювання.

Щоб зрозуміти фізичний принцип дії лазера, потрібно розглянути деякі основні положення квантової механіки. Ядра всіх атомів оточені електронами, що обертаються по певних орбітах. Орбіти ці досить постійні, і електрони рідко перескакують на інший рівень.

Виняток становлять найбільш віддалені від ядра електрони, які можуть переміщатися між орбітами при передачі або при випускненні певної кількості енергії. Ця енергія зазвичай представлена фотоном. Індуковане поглинання відбувається, коли окремий фотон досягає атома і передає окремому електрону енергію для переходу на більш високу орбіту. Новий стан електрона на новій орбіті нестабільний, він прагне повернутися на більш низький, стійкий енергетичний рівень. Спонтанне випромінювання виникає при переході електрона без будь-якого зовнішнього впливу із збудженого стану в основне з випусканням фотона. Енергія фотона дорівнює різниці енергій електронних орбіт. Хоча обидві ці ідеї виглядають простими, базова концепція лазерного випромінювання може бути складна для сприйняття. При переході електронів з метастабільного стану в основний під впливом електромагнітного випромінювання відповідної частоти виникає вимушене випромінювання. Цей стан характеризується тим, що кількість атомів з порушеними електронами переважає над кількістю атомів з електронами, що знаходяться в спокійному стані. Складність розробки лазерної системи полягає в створенні середовища, в якій багато електронів перебувають в стані збудження, але в цілому ще зберігають стійкість. При вимушеному випромінюванні фотон світла досягає атома з порушеною електроном, і цей електрон переходить на нижчу орбіту, а два однакових фотона залишають систему. Ці два фотона в подальшому здатні досягати двох інших атомів з порушеними

електронами, приводячи до швидкого множення числа фотонів за типом ланцюгової реакції. Всі генеруються фотони ідентичні.

При досить інтенсивному збудженні можна одночасно перевести в такий стан більшу частину атомів. Так відбувається накопичення енергії. На цьому заснований принцип процесу, який відомий під акронімом ЛАЗЕР.

В лазерній системі використовується оптичний резонатор для посилення і напрямку світла. Це циліндрична камера, що включає лазерний провідник з паралельними дзеркалами на кожному кінці і поглинає покриттям. Фотони відбиваються між дзеркалами, і всі промені, які не є строго паралельними, поглинаються покриттям. Паралельні пучки випромінювання продовжують брати участь в процесі вимушеної емісії, відображаються дзеркалами, утворюючи стоячі хвилі. При утворенні стоячої хвилі відбувається посилення світла. Один з кінців оптичного резонатора забезпечений механізмом періодичного вивільнення світла з камери. Лазерне випромінювання унікально завдяки трьом тільки йому притаманним властивостям: 1. Когерентність. У фізиці існує 2 типу когерентності - просторова й тимчасова. Просторова когерентність виражається в однотипності хвильового фронту. Піки і спади хвиль розташовуються паралельно, коли світло виходить з лазера. Це забезпечує синхронізацію фаз та фокусування на дуже маленькі ділянки. 2. Монохромність (тимчасова когерентність). Це означає, що світлові хвилі мають однакову довжину. Деякі лазери випускають промені різної довжини хвилі. Але явище це передбачувано, і лазери випромінюють світло тільки тієї довжини, яка передбачена середовищем, що використовується в лазері. 3. Колімація. Це означає, що всі промені, що випускаються лазером, паралельні і не розсіюються з відстанню.

Дія багатьох лазерів націлене на специфічні хромофори, які є біологічними структурами, що володіють строго певним спектром поглинання. Це може бути відносно велика структура, така, наприклад, як кровоносна судина, або гемоглобін всередині еритроцита, або специфічна органела клітини, така як меланома. Спектр поглинання визначається кількістю світла, здатно-

го поглинатися при різних довжинах хвиль. Важливо, щоб довжина хвилі лазерного випромінювання збіглася з довжиною хвилі в піку поглинальної здатності. Хорошим прикладом є націлювання лазера на гемоглобін як на основну поглинаючу структуру в крові при впливі на телеангіектазії або капілярні гемангіоми. Оксигемоглобін характеризується великими піками поглинання, що припадають на хвилю в 488 та 517 нм і високими піками поглинання, що припадають на хвилі в 550 і 585 нм. Логічно було б припустити, що вплив має проводитися за допомогою більш коротких хвиль в 488 і 517 нм, але підвищеним поглинанням цих хвиль володіє і меланін. Тому при впливі на кров і судинні утворення більш ефективні хвилі довжиною 585 нм, які не створюють "конкуренції" в поглинанні.

Є лазери імпульсної і безперервної генерації випромінювання. Імпульсне світло генерується у вигляді пучків хвиль, що перериваються на певний період часу. Цей період триває від 1 нс до 300 нс. Інші лазери генерують безперервний світло, і спеціальний пристрій розділяє цей світ на короткі сегменти. Як правило, лазери безперервного генерованого випромінювання мають властивість небажаного виділення тепла в місці впливу, яке може привести до рубцевих змін і пошкодження тканин, що оточують місце дії.

Модуляція добротності - спосіб отримання коротких сильних імпульсів лазерного випромінювання. Вона характеризується коефіцієнтом якості оптичного резонатора. Резонатор, що має високий коефіцієнт якості, характеризується меншою втратою енергії, в той час як резонатор з низьким коефіцієнтом якості призводить до значної втрати енергії. Використання модулятора добротності пов'язано з енергією резонатора. Щоб уявити, до яких змін в лазерних системах це може привести, подумайте про великі втрати енергії при накачуванні її в лазерну середу. Включення лазера забороняється навіть при наявності потужного джерела енергії, оскільки енергія "пропадає". Якщо при наявності потужного джерела зменшується втрата енергії, всередині резонатора швидко збільшується напруженість. Генерується короткий потужний імпульс. Він може тривати 10^{-7} - 10^{-8} с. Набагато швидше

провести зміну "втрати" в системі, ніж зміну в енергії, що підводиться. Існує достатня кількість методів модуляції добротності з використанням дзеркал, електрооптичних вимикачів або поглинаючих пристроїв.

Класифікація лазерів згідно їх застосування найбільш зручна і легка для запам'ятовування. Багатоцільові лазери на вуглекислому газі. Для лікування судинних утворень. Жовтий криптонові лазер. Жовтий лазер на парах міді. Неодимовий: ІАГ-лазер. Аргоновий лазер. Імпульсний з лампою-спалахом лазер на фарбах. Для лікування пігментних утворень. Імпульсний лазер з лампою-спалахом на фарбах. Зелений лазер на парах міді. Зелений криптонові лазер Ш: ІАГ-лазер з подвоєнням частоти і модуляцією добротності. Для виведення татуювань. Рубіновий лазер з модуляцією добротності. Лазер з модуляцією добротності Ш: ІАГ-лазер з модуляцією добротності.

1.2 Ультрафіолет в дерматології

Ультрафіолетове випромінювання (UV) - невидиме оку електромагнітне випромінювання з довжиною хвиль від 400 до 10 нм, що займає спектральну область між видимим і рентгенівським випромінюванням. УФ-промені є складовими сонячного світла і часто стають причиною різних уражень шкіри.

У сонячному спектрі виділяють ультрафіолетові і інфрачервоні промені. Інфрачервоні – тепло, що йде від сонця, яке ми прекрасно відчуваємо. Невидимий нами ультрафіолет становить всього лише 5% всього випромінювання, але саме він впливає на шкіру.

УФ-випромінювання неоднорідне за своєю дією і ділиться на три види. Найкоротші та небезпечні UVC-промені з довжиною хвилі до 280 нм, здатні викликати мутації і новоутворення шкіри, до недавнього часу затримувалися озоновим шаром і не досягали Землі. Але, на жаль, його руйнування і поява озонових «дір» в значній мірі знижують надійність цього кордону.

Промені UVA, найдовші (320-400 нм), не викликають ніяких опіків і інших відчутних людиною симптомів. Тому вони вважалися абсолютно нешкідливими і були на хорошому «рахунку» у дерматологів до тих пір, поки не було виявлено, що, проникаючи в глибокі шари шкіри, вони порушують синтез колагену і еластину, через що шкіра швидше втрачає пружність і з'являються зморшки. На думку деяких лікарів, вони поряд з шкідливими променями можуть провокувати захворювання шкіри і знижувати імунітет організму в цілому. Між UVC і UVA знаходяться хвилі UVB-променів (290- 320 нм), які проникають в поверхневі шари шкіри і ушкоджують їх.

Застосування ультрафіолетового (УФ) опромінення при шкірних захворюваннях має свої особливості в залежності від спектральних характеристик використовується світла. Дослідження біологічних ефектів в шкірі під впливом УФ-випромінювання привело до необхідності поділу всього УФ-спектра на 3 зони. Довгохвильове випромінювання - УФА (320 - 400 нм), середньохвильове - УФВ (280 - 320 нм) і короткохвильове випромінювання - УФС (менше 280 нм) [3]. Глибина проникнення УФ-хвиль в різні шари шкіри залежить від довжини хвилі. За даними наукових досліджень, короткохвильове випромінювання майже повністю поглинається роговим шаром епідермісу і не робить лікувального ефекту при новоутвореннях [3]. Доведено, що середньохвильове випромінювання проникає через всі шари епідермісу і при правильно підібраній дозі опромінення призводить до очищення шкіри від різних висипань і новоутворень [4]. Довгохвильове випромінювання проходить в усі шари шкіри (епідерміс, дерму і підшкірно-жирову клітковину), але без застосування фотосенсибілізаторів неефективно в терапії. У практичній охороні здоров'я фототерапія шкіри зазвичай реалізується або у вигляді УФА-опромінення в присутності екзогенних фотосенсибілізаторів (псораленів) - ПУВА-терапія, Куваєв-терапія, реПУВА-терапія, або шляхом опромінення крові поза організмом з наступним вливанням - екстракорпоральна фототерапія, або у вигляді УФВ -опромінення уражених ділянок шкіри - селективна фототерапія.

Багато дослідників відзначають, що терапевтичний ефект фототерапії при дерматологічних захворюваннях в разі перевищення дози легко переходить в токсичний. Від інтенсивності променевого впливу і реакції організму на нього буде залежати кінцевий результат будь-якого методу фототерапії. Тому підбір фотодози для кожного конкретного хворого має визначальне значення для досягнення клінічного успіху при фототерапії.

Медична апаратура для проведення фототерапії постійно вдосконалюється. В останні роки з'явилися нові прилади для проведення селективної фототерапії - ультрафіолетові ексимерні лазерні системи з довжиною хвилі 308 нм. Основною перевагою даної установки перед широко- і вузькосмуговими ультрафіолетовими лампами є монохроматичність випромінювання, пов'язаного з дією однієї довжини хвилі - 308 нм на обраний хромофор. Це дозволяє уникнути побічної дії хвиль, небезпечних для здоров'я пацієнтів.

1.2.1 Методи лікування із застосуванням ультрафіолетового випромінювання

Ультрафіолетове випромінювання, як найбільш біологічно активна складова частина сонячних променів, використовується для лікування хворих шкірними хворобами вже більше ста років. Штучні джерела ультрафіолетового випромінювання почали застосовуватися в терапії на початку двадцятих років 19 століття. Наукові дослідження останніх років дозволили з широкого спектру ультрафіолетового випромінювання виділити для терапії та діагностики вузькі діапазони хвиль. Ультрафіолетове випромінювання поділяють на три області: довгохвильові промені (400-320 нм) - УФА, середньохвильові (320-280 нм) - УФБ і короткохвильові - УФС. У довгохвильовому діапазоні виділяють спектр УФА-1 (340-400 нм) і УФА-2 (320-340 нм). З'явилася нова термінологія, яка включає такі слова як: доза опромінення, інтенсивність ви-

промінювання, мінімальна фототоксична доза, монотерапія і комбінована терапія ультрафіолетовими променями. У дерматології для терапії дерматозів застосовується ультрафіолетове випромінювання в середньохвильовому і довгохвильовому спектрах:

- довгохвильові промені (УФА) в діапазоні 320-400 нм (макс. 365 нм) з використанням ламп F85 / 100W - PUVA при фотохіміотерапії (ПУВА);

- довгохвильові промені УФ-А1 на довжині хвиль 350-400 нм (макс. 370 нм) з використанням ламп F85 / 100W - TL10R при фототерапії УФА-1 променями;

- середньохвильові УФБ промені в діапазоні 285-350 нм (макс. 310-315 нм) і довгохвильові УФА промені в діапазоні 320-400 нм (макс. 365 нм) з використанням ламп F85 / 100W - UV6 ламп і F85 / 100W - UV21 при селективній фототерапії;

- середньохвильові промені УФБ довжині хвилі 310-315 нм (макс. 311 нм - вузький спектр) з використанням ламп F85 / 100W - TL 01 при терапії УФБ променями вузького спектра. Апаратура компанії Герберт Вальдманн ГмбХ і Ко, що має перераховані вище джерела випромінювання, за своїми технічними параметрами за рахунок автоматички, геометрії приладів, рівномірності опромінюються поверхонь забезпечує високу ефективність і безпеку проведення лікування.

1.2.1.1 ПУВА (фотохіміотерапія)

Фотохіміотерапія заснована на одночасному застосуванні фотосенсибілізаторів і довгохвильових ультрафіолетових променів (УФА). В якості фотосенсибілізатора застосовуються препарати, що призначаються за 1 годину (оксорален-ультра) або за 2 години (аммифурін, метоксален) до опромінення. При проведенні лікування контроль ефективності проводиться за динамікою

шкірного процесу і змінити дози УФА променів. Лікування зазвичай починають з дози УФА, що дорівнює 0,5 -1,0 Дж / кв.см.

Фотохіміотерапія проводиться за методикою 3 або 4 опроміненнь на тиждень.

При методиці 3-разових опроміненнь на тиждень процедури проводяться через день на 0,5-1,0 Дж / кв.см більше, ніж попередня процедура.

При методиці 4-разових опроміненнь на тиждень процедури проводяться 2 дні підряд на одній дозі УФА з подальшим збільшенням дози на 0,5-1,0 Дж / кв.см більше, ніж попередній дводенний цикл. Між дводенними циклами робиться перерва в 1-2 дня.

Лікування із застосуванням ПУВА показано при псоріазі, atopічний дерматит, червоному плоскому лишайі, вітиліго, почесусі, лімфомах, парапсоріазі, іхтіозі, бляшковій склеродермії, облісінні.

1.2.1.2 Селективна фототерапія

Селективна фототерапія - метод лікування, при якому використовуються середньохвильові (УФБ) і довгохвильові ультрафіолетові (УФА) промені. Дозування ультрафіолетового випромінювання проводиться по вимірюванню УФБ променів, так як за своєю активністю ультрафіолетові промені спектру Б по своїй активності перевершують промені спектру А в кілька сот разів. Селективна фототерапія проводиться за методикою 3 - 6 разових опроміненнь на тиждень. Лікування зазвичай починають з дози УФБ рівній 0,1 Дж / кв.см. Наступна процедура проводиться, при відсутності еритеми, на 0,1 Дж / кв.см більше, ніж попередня процедура. На курс лікування доводиться 20-30 процедур.

Лікування селективної фототерапією показано при псоріазі, atopічному дерматиті, червоному плоскому лишайі, почесусі.

1.2.1.3 Фототерапія УФА-1 променями

Фототерапія УФА-1 випромінюванням проводиться високими дозами УФА променів (без застосування фотосенсибілізаторів). Лікування починають з дози УФА, що дорівнює 5 -10 Дж / кв.см. Процедури проводяться щодня на одній дозі УФА або з поступовим збільшенням на 5-10 Дж / кв.см. Максимальна доза при лікуванні УФА-1 дорівнює 100-130 Дж / кв.см.

Фототерапія УФА-1 променями показана при атопічному дерматиті, бляшковій склеродермії, червоному вовчку.

1.2.1.4 Фототерапія УФБ променями вузького спектру (311 нм)

При проведенні лікування дозування ультрафіолетового випромінювання проводиться по вимірюванню УФБ променів вузького спектра (311 нм). Фототерапія проводиться за методикою 3 - 6 разових опромінь на тиждень. Лікування зазвичай починають з дози УФБ, що дорівнює 0,1 Дж / кв.см. Наступна процедура проводиться, при відсутності еритеми, на 0,1 Дж / кв.см більше, ніж попередня процедура. На курс лікування доводиться 20-30 процедур.

Лікування УФБ променями показано при псоріазі, атопічному дерматиті, червоному плоскому лишайі, почесусі.

1.2.1.5 Комбінована фототерапія

- довгохвильові промені зі середньохвильовими променями в діапазоні 285-350 нм (лампи для селективної фототерапії) комбінують з довгохвильовими променями (УФА) в діапазоні 320- 400 нм (макс. 365 нм)

- середньохвильові промені в діапазоні УФБ (311 нм) за допомогою ламп F85 / 100W TL-01 комбінують з довгохвильовими променями (УФА) в діапазоні 320- 400 нм (макс. 365 нм).

У ряді випадків комбінована фототерапія дає кращі результати, ніж монотерапія.

Лікування із застосуванням ультрафіолетового випромінювання бажано поєднувати з лікарськими препаратами, як загального, так і місцевого впливу. Наприклад, такими як ретиноїди (неотігасона), кальципотриол (Дайвонекс), дитранол і іншими препаратами. Це підвищує ефективність проведеної терапії, збільшує терміни ремісії захворювання і знижує сумарну дозу ультрафіолетового випромінювання.

При деяких нозологічних одиницях ефективність фототерапії, особливо при псоріазі, парапсоріазі, червоному плоскому лишайі, досягає 100%.

1.2.1.6 Фотодинамічна терапія

Фотодинамічна терапія - метод лікування, заснований на комбінації інфрачервоного випромінювання (600-730 нм) і фотосенсибілізаторів з групи порфіринів.

Фотодинамічна терапія показана при базальноклітинній епітеліомі актінічному кератозі, саркомі Капоші, бородавках, псоріазі, метастазах в шкірі, лімфомі (грибоподібному мікозі), хворобі Бовена та інших хворобах.

1.3 Ультразвук в дерматології

Проблемною вважають шкіру, яка в силу ряду причин має будь-які дефекти - висипання, пігментні плями, рубці, шрами, судинні плями, вугрі, і ін.

Оскільки проблеми шкіри в основному визначаються її типом, а це річ суто індивідуальна, то і лікування в кожному випадку особливе.

Ультразвукове дослідження (УЗД, ехографія, ультразвукова діагностика і т. інш.) є найбільш сучасним, а також одним з найбільш інформативних методів діагностики і терапії більшості захворювань. У чому ж перевага УЗД перед іншими, не менш сучасними методами діагностики?

До безперечних переваг УЗД відноситься, перш за все, абсолютна нешкідливість для пацієнта. Воно не робить ніяких шкідливих впливів на організм, немає променевого навантаження. Тому, якщо лікар або сам пацієнт потребує уточнення поставленого діагнозу або не отримавши бажаного результату в лікуванні, процедуру завжди можна повторити без зайвих побоювань. У зв'язку з цим не можна не згадати про унікальність даного методу, коли в рамках одного звернення до лікаря можна провести ультразвукове дослідження багатьох органів і систем організму.

Кілька років тому з гордістю говорили про низьку вартість УЗ випромінювання в порівнянні з іншими методами діагностики та лікування. При проведенні базового дослідження на портативній (переносній) апаратурі, результатом якого є відповідь на рівні "норма" - "патологія", вартість УЗД дійсно невелика. Але якщо використовують цілий комплекс спеціальних ультразвукових методик, спеціальні датчики, лікарю потрібні додаткові технічні і поглиблені медичні знання для роботи на більш складній апаратурі.

Метод займає провідні позиції в діагностиці більшості захворювань органів черевної порожнини, сечовидільної системи, щитовидної залози, слинних і молочних залоз, серця, а також більшості дерматологічних захворювань. Напевно, легше сказати, де використання УЗД неможливо або обмежене. Це ряд захворювань кісткової системи, легенів, шлунково-кишкового тракту, головного мозку. Але навіть в цих галузях з кожним роком все частіше звертаються до ультразвукового методу.

Ультразвук є унікальним фізичним фактором, що забезпечує мікромасаж на рівні тканини і клітини, що призводить до збільшення мікроциркуля-

ції в області впливу і збільшенню швидкості протікання біохімічних реакцій [7].

Кожен з розглянутих методів має свої переваги і недоліки. Клінічні дослідження показують, що ефективним є лікування із застосуванням трьох методів одночасно: лазерного, ультразвукового і ультрафіолетового випромінювання.

Тому метою роботи було моделювання приладу для терапії дерматологічних захворювань.

Завдання:

- провести порівняльний аналіз методів для терапії дерматологічних захворювань;
- розробити блок-схему приладу для комбінованої терапії шкірних захворювань ;
- розрахувати і спроектувати основні вузли приладу;
- розробити схему електричну принципову запропонованого приладу.

2 РОЗРОБКА І МОДЕЛЮВАННЯ ПРИЛАДУ ДЛЯ ТЕРАПІЇ ДЕРМАТОЛОГІЧНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ

2.1 Розробка блок-схеми приладу

Запропонований прилад для терапії дерматологічних захворювань є програмно-апаратним комплексом, який об'єднує три методи терапевтичного впливу: лазерне, ультразвукове та ультрафіолетове випромінювання.

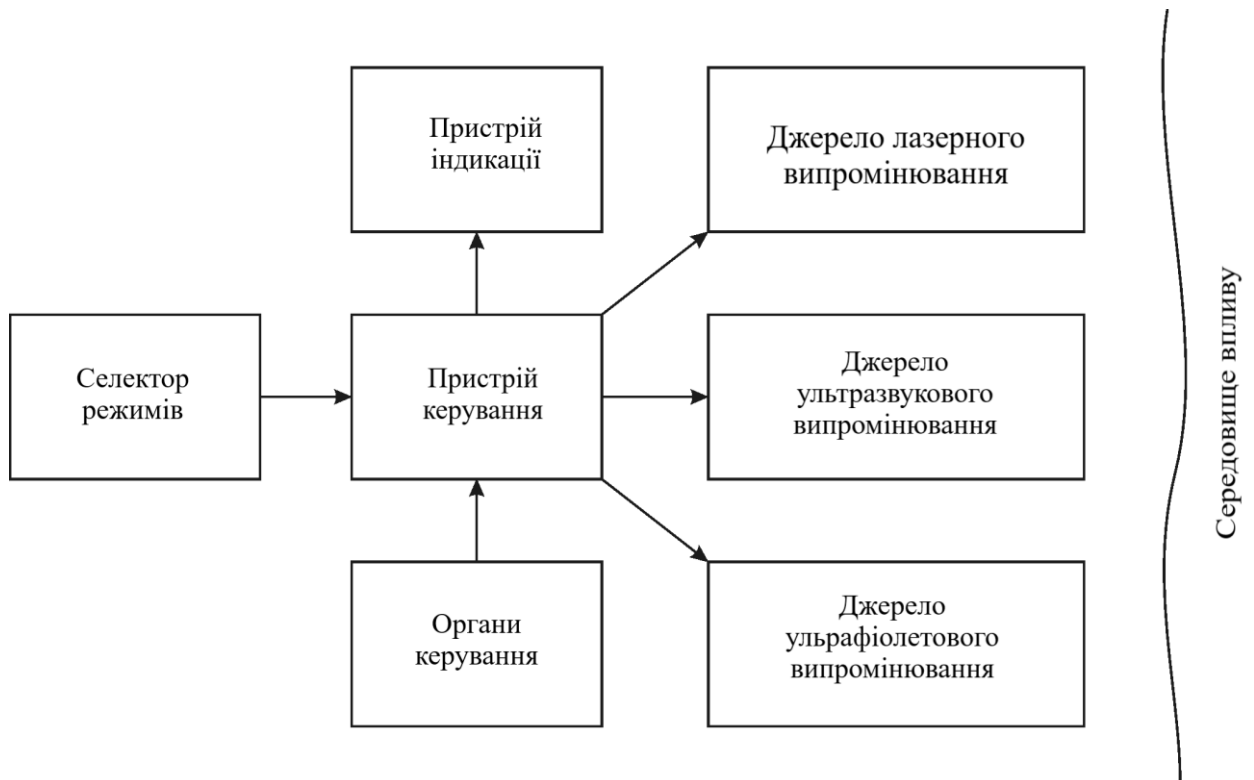


Рисунок 2.1 - Блок-схема приладу для терапії дерматологічних захворювань

За допомогою селектора проводиться вибір режиму терапевтичного впливу. Органи керування служать для настройки конкретного режиму. Пристрій керування здійснює управління випромінювачами і здійснює індикацію поточного режиму і його налаштування.

2.2 Технічне завдання на розробку приладу

Прилад, що розробляється має відповідати сучасним нормам і технічним умовам. Параметри і характеристики приладу повинні бути актуальними і відповідати поставленим в технічному завданні.

Цей прилад повинен забезпечувати реалізацію наступних методів впливу (табл.2.1).

Таблиця 2.1 – Методи терапії

А	Екстракорпоральні	ЛВ	УЗВ	УФВ
1	Дистанційний	х	-	х
2	Контактний	х	х	х
3	Ультрафонофорез, лазерофорез	х	х	-
4	Черезшкіряне опромінення крові (ЧЛОК)	х	-	х
5	Рефлексотерапія, акупунктура	х	х	х
6	Гемофотомодифікація	х	-	х
Б	Інтракорпоральні	ЛВ	УЗВ	УФВ
1	Внутрішньовенне опромінення крові (ВЛОК)	х	-	х
2	Ендоскопічний	х	х	х

Аналіз методів терапії дерматологічних захворювань дозволив поставити технічне завдання на розробку приладу (табл.2.2) [8].

Таблиця 2.2 - Технічне завдання на розробку приладу для терапії дерматологічних захворювань

№	Параметр	Значення
1	Напруга живлення, В	12
2	Потужність, Вт	не більше 0.5
3	Довжина хвилі лазерного випромінювання, мкм	0,89
4	Частота лазерного впливу, Гц	80
5	Потужність лазерного впливу, мВт	20 – 60
6	Частота ультразвукового впливу, кГц	880
7	Потужність ультрафіолетового впливу, мВт	1 – 2
7	Час терапевтичної дії, хв	1 – 10

2.3 Розрахунок і проектування основних вузлів приладу

2.3.1 Проектування пристрою лазерного випромінювання

Структурна схема пристрою лазерного випромінювання представлена на рис.2.2.

Вихідний модулюючий електричний сигнал надходить на підсилювач, що складається з двох каскадів: попереднього каскаду посилення і кінцевого каскаду посилення, де посилюється до рівня, необхідного для модуляції лазерного випромінювання. Посилений сигнал надходить на прямий модулятор, що складається з пристрою зсуву для завдання робочої точки на ват-амперній

характеристиці випромінювача і, власне, самого прямого модулятора, зібраного за класичною схемою з напівпровідникового лазерного випромінювача V1 і транзистора V2. Для забезпечення стабільності роботи випромінювача, в схему лазерного генератора введені пристрій зворотного зв'язку і система термостабілізації. З виходу модулятора лазерний сигнал, промодельований за інтенсивністю цифровим електричним сигналом надходить на оптоволоконний подовжувач терапевтичної голівки.

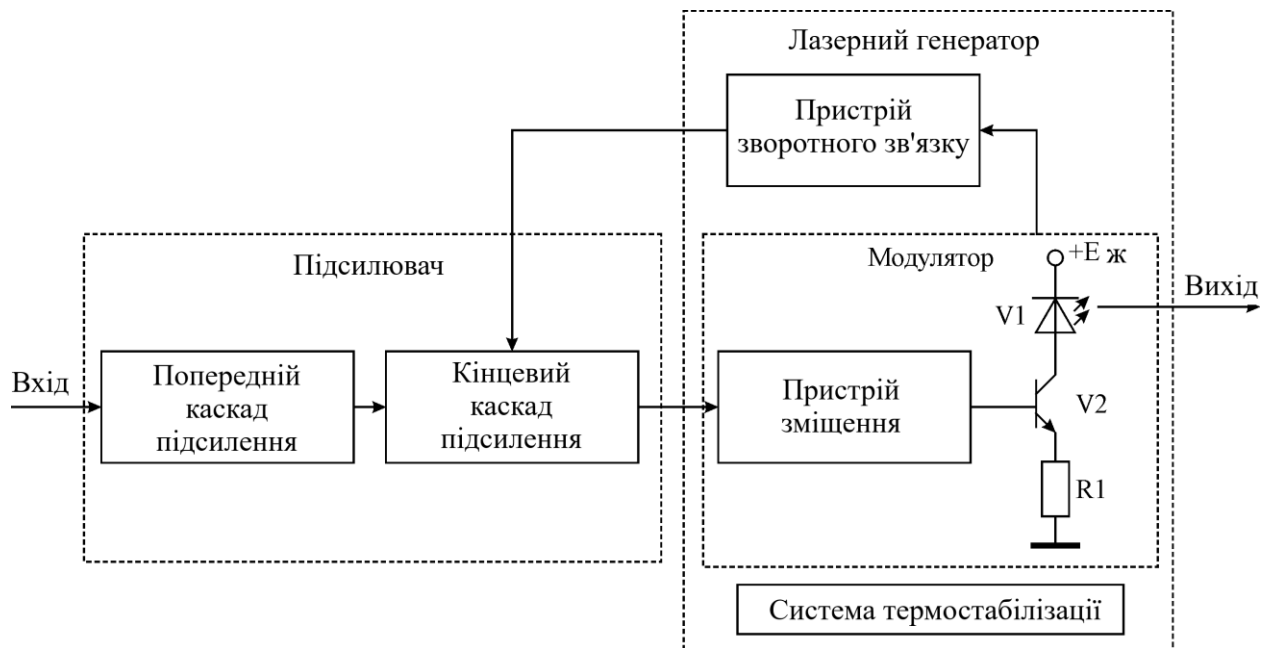


Рисунок 2.2 - Структурна схема пристрою лазерного випромінювання

2.3.2 Проектування пристрою ультрафіолетового випромінювання

Структурна схема ультрафіолетового випромінювача представлена на рис.2.3.

Широтно-імпульсний сигнал надходить на фільтр нижніх частот, який виступає в ролі перетворювача ШІМ-сигналу в аналоговий сигнал, що модулює. Вихідний модулюючий електричний сигнал надходить на підсилювач,

що складається з двох каскадів: попереднього каскаду посилення і кінцевого каскаду посилення, де посилюється до рівня, необхідного для модуляції інфрачервоного випромінювання. Посилений сигнал надходить на модулятор, що складається з пристрою зсуву для завдання робочої точки на ват-амперній характеристиці транзистора V2 і, власне, самого модулятора, зібраного за класичною схемою з ультрафіолетового випромінювача V1 і транзистора V2. Для забезпечення стабільності роботи, в схему інфрачервоного випромінювача введена і система термостабілізації.

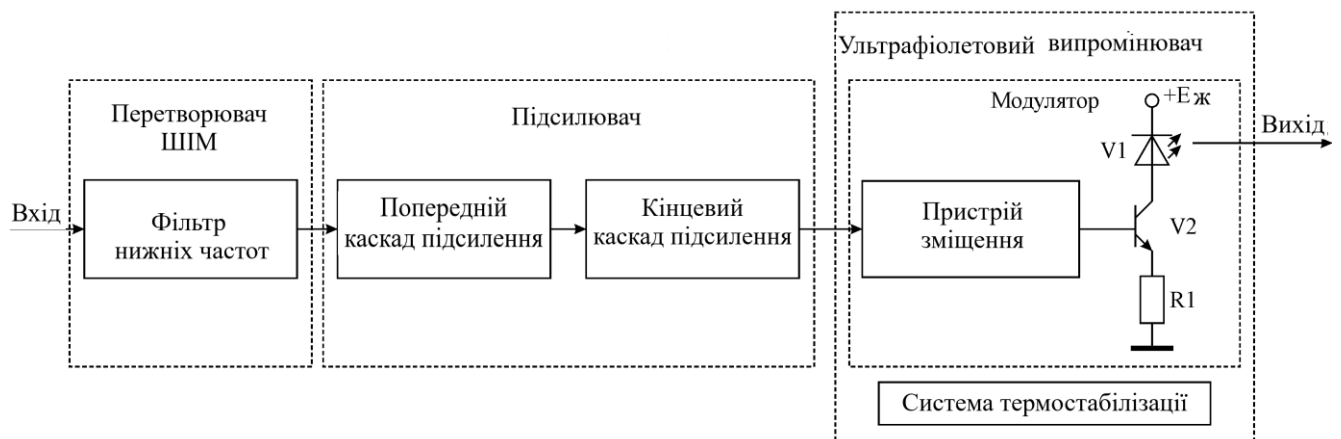


Рисунок 2.3 – Структурна схема ультрафіолетового випромінювача

2.3 Проектування ультразвукового генератора

На рис.2.4 представлена структурна схема ультразвукового генератора для пристрою терапії дерматологічних захворювань.

Керуючий вхідний сигнал надходить на генератор синусоїдального сигналу. Синусоїдальний сигнал генератора надходить на підсилювач, що складається з двох каскадів посилення - попереднього і кінцевого. Коефіцієнт посилення підсилювачів вибирається таким чином, щоб забезпечити амплі-

туду і потужність вихідного сигналу достатню для запуску ультразвукового випромінювача.

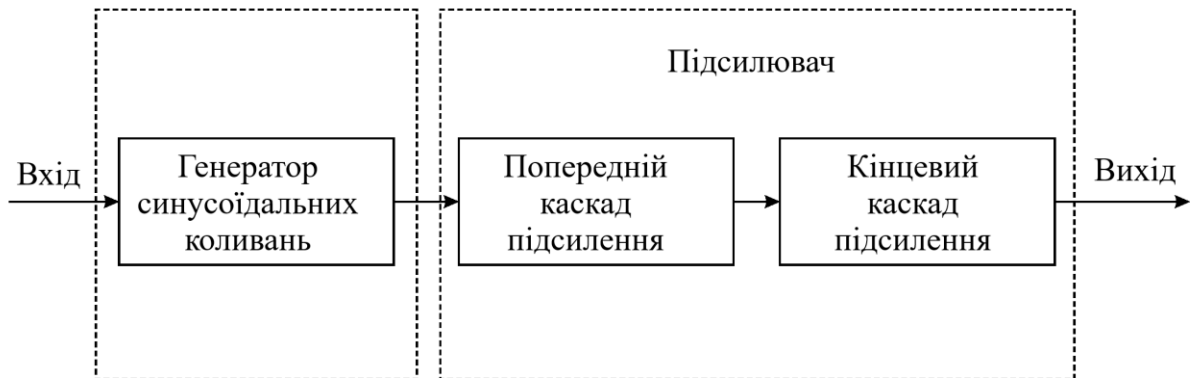


Рисунок 2.4 - Структурна схема ультразвукового генератора для пристрою терапії дерматологічних захворювань

2.4 Обґрунтування вибору елементної бази

2.4.1 Пристрій управління

Для управління ІЧ та лазерним випромінювачами, а також генератором ультразвукових частот, для реалізації графічного інтерфейсу користувача і зручних способів роботи з пристроєм необхідно при розробці використовувати сучасні технічні рішення, засновані на інтегральних схемах надвеликої інтеграції. Крім того, сучасні електронні пристрої повинні відповідати вимогам електричної безпеки і економічності, поряд з високою продуктивністю і гнучкістю рішень.

Усім вище висунутим вимогам відповідають електронні рішення, в основі яких лежить програмовані мікроконтролери [9].

У зв'язку з безперервно зростаючою кількістю додатків, які пред'являють підвищені вимоги по продуктивності обробки даних, намічається тенденція підвищення попиту на 32-розрядні мікроконтролери. Даний висновок зробила маркетингова компанія Semico, яка прогнозує 2-кратне переважання ємності ринку 32-разр. мікроконтролерів над 8 і 16-разр. в 2021 році.

В даний час архітектура ARM займає лідируючі позиції і охоплює 75% ринку 32-розрядних вбудованих RISC-мікропроцесорів. Поширеність даного ядра пояснюється його стандартністю, що надає можливість розробнику більш гнучко використовувати, як свої, так і сторонні програмні напрацювання, як при переході на нове процесорне ARM-ядро, так і при міграціях між різними типами ARM-мікроконтролерів. У зв'язку з цим актуальним є використання мікроконтролерів, в основі яких лежить ядро ARM [10].

Розроблено шість основних сімейств: ARM7™, ARM9™, ARM9E™, ARM10™, ARM11™ и SecurCore™. Також сумісно с кампанією Intel розроблені сімейства XScale™ та StrongARM®.

Як доповнення до ARM-архітектурі можуть інтегруватися кілька розширень:

Thumb® - 16-разр. набір інструкцій, що поліпшує ефективність використання пам'яті програм;

DSP - набір арифметичних інструкцій для цифрової обробки сигналів;

Jazelle™ - розширення для апаратного безпосереднього виконання Java-інструкцій;

Media - розширення для 2-4-кратного збільшення швидкості обробки аудіо і відеосигналів.

ARM-архітектура має швидкодія понад 1 ГГц і питоме споживання 1 мкВт / МГц.32-разр.

ARM-процесори підтримують попередні 16-розрядні розробки за рахунок підтримки набору інструкцій Thumb. Використання 16-розрядних ін-

струкції дозволяє заощадити до 35% пам'яті в порівнянні з еквівалентним 32-розрядним кодом, при цьому зберігаючи всі переваги 32-розрядної системи, наприклад, доступ до пам'яті з 32-розрядним адресним простором.

Технологія SIMD (кілька даних в одній інструкції) використовується в media-розширенні і націлена на збільшення швидкості обробки даних в додатках, де потрібно мале енергоспоживання.

SIMD-розширення оптимізовані під широкий діапазон програмного забезпечення, в т.ч. аудіо / відео кодеки, де вони дозволяють збільшити швидкість обробки в 4 рази.

Багато додатків пред'являють підвищені вимоги по швидкодії реально-часової обробки сигналів. Традиційно в таких ситуаціях розробники вдаються до використання цифрового сигнального процесора (ЦСП), що збільшує енергоспоживання і вартість, як самої розробки, так і кінцевого пристрою. Для усунення цих недоліків в ряд ARM-процесорів інтегровані інструкції ЦСП, що виконують 16-разр. і 32-разр. арифметичні операції.

Традиційні ARM-процесори підтримують 2 набору інструкцій: в режимі ARM - 32-розрядні інструкції, а в режимі Thumb найбільш популярні інструкції стискаються до 16-розрядному формату.

Технологія Jazelle розширює цю концепцію, додаючи третій набір інструкцій Java, який активізується в новому Java-режимі.

Однією з основних завдань, яке вирішують розробники портативних пристроїв (наприклад, смартфони, персональні цифрові помічники і аудіо / відеоплеєри) - оптимізація енергоспоживання, що дозволяє поліпшити експлуатаційні характеристики готового пристрою за рахунок продовження ресурсу батареї живлення або зменшення розмірів пристрою.

Традиційним методом зниження енергоспоживання є використання економічних режимів роботи, наприклад, холостий хід (idle) або сон (sleep), які розрізняються глибиною деактивації внутрішніх елементів. Як правило, активний режим роботи такої системи розрахований на найгірші умови роботи і характеризується максимальним завантаженням, тим самим не виправда-

но скорочуючи термін служби батареї. Таким чином, для подальшої оптимізації витрачання енергії батареї живлення розробники приділяють особливу увагу управлінню енергоспоживанням в активному режимі роботи [12].

Для полегшення цього процесу розроблена технологія інтелектуального управління енергоспоживанням (Intelligent Energy Manager, IEM) для процесорів ARM. Дана технологія є поєднанням апаратних і програмних компонентів, які спільно виконують динамічне управління напругою живлення ("power scaling").

Суть методу динамічного керування напругою живлення ґрунтується на вираженні споживаної потужності КМОП-процесорів:

$$P = C V_{DD}^2 f_c + V_{DD} I_Q,$$

де P - загальна споживна потужність, C - перемикаєма ємність, f_c - частота процесора, V_{DD} - напруга живлення, I_Q - струм витоку в статичному режимі.

З виразу випливає, що для регулювання енергоспоживання можуть варіюватися частота і напруга живлення. Зниження частоти для зменшення енергоспоживання широко використовується в мікроконтролерах і системах на кристалах (PSoC), але не недоліком цього методу є зниження швидкодії. Метод динамічного керування напругою живлення заснований на варіюванні напругою живлення, проте, якщо можливості регулювання вичерпані, то як додатковий використовується метод регулювання частоти процесора.

В табл.2.2 представлені зведені дані по мікроконтролерів ARM-архітектури різних виробників [13,14].

Аналіз даних табл.2.2 показує, що найбільш вигідним є використання мікроконтролерів фірми Atmel серії AT91SAM.

Таблиця 2.2 – Порівняння ARM-мікроконтролерів різних виробників за ключовими ознаками

TMS 470 (Texas Instruments)	AT91 (Atmel)	Micro Converter (AD)	LPC2000 (Philips)
Системні:			
<ul style="list-style-type: none"> - Ядро ARM7TDMI - Дільник зовнішньої синхронізації (ЕСР) дозволяє тактувати зовнішній пристрій потрібною частотою 	<ul style="list-style-type: none"> - Ядро ARM7TDMI / ARM920T - Опціональний вбудований калібрований RC-генератор - ПДП для обміну даними між периферійними пристроями і пам'яттю істотно розвантажує процесор - Роздільне вкл / викл синхронізації кожного периферійного пристрою (250 мкА, якщо все викл.) - Вбудований стабілізатор 1,8 В 	<ul style="list-style-type: none"> - Ядро ARM7TDMI - Вбудований калібрований RC - генератор ($\pm 3\%$) 	<ul style="list-style-type: none"> - Ядро ARM7TDMI-S (дещо гірше питоме споживання в порівнянні з ARM7TDMI) - Версії для температурного діапазону $-40 \dots + 105 \text{ }^\circ\text{C}$
Пам'ять:			
<ul style="list-style-type: none"> - Флеш-пам'ять до 1 Мбайт - Модуль захисту пам'яті (MSM) 	<ul style="list-style-type: none"> - Економічне статичне ОЗУ (наприклад, AT91M40800 на 40 МГц із зовнішнім ОЗУ (12нс) споживає 120 мА, а AT91R40807 з внутрішнім ОЗУ при тих же умовах споживає 50 мА). 	<ul style="list-style-type: none"> - Флеш-пам'ять програм / даних до 62 кбайт зі зберіганням даних до 100 років і зносостійкість 100 тис. Циклів запис / стирання 	<ul style="list-style-type: none"> - Флеш-пам'ять з 128-разр. інтерфейсом прискорювача для роботи на частоті 60 МГц
Аналогова периферія:			
<ul style="list-style-type: none"> - багатобуферний АЦП: - 10 разр., 16 каналів, 1,75 мкс (вибірка-зберігання, перетворення); - можливість організації груп з каналів; - моделі програмування: сумісність з АЦП TMS470R1X та буферизація результату перетворення (FIFO); - режими роботи: перетворення, калібрування (пошук 		<ul style="list-style-type: none"> - Вбудований датчик температури ($\pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$) - 12-разр. АЦП - 1 млн. перетв. в с - несиметричний або повний диференційний режими - 12-разр. ЦАП - вихідний сигнал: напруга - опціональний вихідний буферний підсилювач; - повний розмах живлення (rail-to-rail) 	<ul style="list-style-type: none"> - 10-разр. мультиплексований АЦП: - час перетворення 2,44 мкс (400 тис. перетв. в сек.) - діапазон перетворення 0 ... 3В - запуск зовнішнім сигналом або таймером

<p>середньої точки похибки зміщення АЦП);</p> <ul style="list-style-type: none"> - самотестування (перевірка неспр. на аналогових входах); вимкнення. - три канали ПДП; - запуск перетворення, в т.ч. групового, по зовнішній події або таймеру; - виводи задання обох меж перетворення (виводи ADREFHI та ADREFLO). 		<ul style="list-style-type: none"> - компаратор (К) - 2 входи і вихід пов'язані з виводами мікросхеми 	
Цифрова периферія:			
<ul style="list-style-type: none"> - високоякісний таймер: - набір з 21 спеціалізованої інструкції для керування таймером; - спеціалізована таймерна мікромашина, пов'язана з лініями введення-виведення. - апаратний генератор кутів (HWAG) для вирішення завдань управління двигунами: - спільна робота з НІ 	<ul style="list-style-type: none"> - Годинник реального часу з окремим входом резервного живлення - Періодичний інтервальний таймер (PIT) для генерації переривань, синхронізованих з часом 	<ul style="list-style-type: none"> - Програмована логічна матриця - два блоки, що зв'язують 16 входів і 14 виходів - 2-х входовий логічний елемент з функцією перетворення - трифазний 16-разр. ШІМ-генератор для управління інверторами / електродвигунами - протифазні виходи на кожній фазі з регульованою паузою непрекриття - регульована частота ШІМ 	<ul style="list-style-type: none"> - 32-разр. таймери (канали захоплення фронтів і канали порівняння), блок ШІМ (6 виходів), годинник реального часу
Інтерфейси:			
<ul style="list-style-type: none"> - Послідовні інтерфейси 2-го класу (C2SIa і C2SIb) - прийом і передачі даних в багатомастерній мережі; - зв'язок TMS470R1Vx із зовнішнім аналоговим інтерфейсними мікросхемами; 	<ul style="list-style-type: none"> - Інтерфейс USB 2.0 - Інтерфейс зовнішньої пам'яті з виходами вибору зовнішніх мікросхем - Контролер високошвидкісного програмування: - послідовні і паралельні режими програмування флеш-пам'яті 	<ul style="list-style-type: none"> - Стандартні послідовні інтерфейси (УАПІ, SPI, I2C) 	<ul style="list-style-type: none"> - УАПІ, сумісний з 16C550 - підтримка модемних сигналів на одному з УАПІ - Конфігурується інтерфейс зовнішньої пам'яті з 4 банками і розрядністю даних 8/16/32

<ul style="list-style-type: none"> - буферизація, детекція помилок і обривів, калібрування і ін. - CAN-контролера - стандартна (SCC): поштова скринька на 16 повідомлень; - високоякісна (HECC): поштова скринька на 32 повідомлення. - Інтерфейс з ЦСП - з'єднує TMS470R1x і мега-модуль ЦСП TMS320C54x - Модуль розширення шини (EBM): - підтримка 8 або 16-разр. зовнішньої пам'яті; - функція введення-виведення загального призначення, якщо зовнішня шина не використовується 	<ul style="list-style-type: none"> - Інтерфейси флеш-карт (RM9200) 		
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	--	--

2.4.2 Пристрій відображення інформації

Для реалізації ефективного інтерфейсу з користувачем потрібне використання якісного пристрою відображення інформації. Таким може служити графічний рідкокристалічний індикатор з високою роздільною здатністю.

Непоганими показниками ціна / якість мають індикатори фірми «Мелт». Зведені технічні дані графічних ЖК-індикаторів фірми «Мелт» представлені в табл.2.3 [15].

Аналіз даних табл.2.3 показує, що найбільш підходящим є індикатор МТ-12864А, що має дозвіл 128 на 64 точки, найбільшу робочу область, можливість включення підсвічування, малу споживану потужність і ширококеруючий поширений контролер KS108. Зовнішній вигляд індикатора МТ-12864А представлений на рис.2.5[16].



Рисунок 2.5 – Зовнішній вигляд індикатора МТ-12864А

Розширення	Модель індикатора	Напруга живлення, В		Габаритні розміри, мм	Розміри видимої області, мм	Розміри точки, мм	Підсвітка з нижнім свіченням		Виконання без підсвітки	Тип контролера
		3	5				A	G		
61*16	<u>MT-6116</u>	-	+	66,0*31,0*9,2	56,0*12,0	0,8*0,55	-	-	+	SED1520DOA
61*16	<u>MT-6116B</u>	-	+	77,0*38,0*13,0/9,5	62,0*19,0	0,92*0,72	+	+	-	SED1520DOA
122*32	<u>MT-12232A</u>	+	+	77,0*38,0*13,0/9,5	62,0*19,0	0,44*0,44	+	+	+	SED1520DOA
122*32	<u>MT-12232B</u>	+	+	84,0*44,0*13,0/9,5	62,0*19,0	0,44*0,44	+	+	+	SED1520DOA
122*32	<u>MT-12232C</u>	+	-	77,0*38,0*13,0/9,5	62,0*19,0	0,44*0,44	+	+	-	SED1520DOA
122*32	<u>MT-12232D</u>	+	+	94,0*48,5*9,6	85,0*26,0	0,62*0,62	-	-	+	SED1520DOA
128*64	<u>MT-12864A</u>	+	+	93,0*70,0*13,0	71,7*38,5	0,48*0,48	+	+	+	KS108
64*64	<u>MT-6464A,B</u>	+	+	49,0*40,0*8.5	34.7*28.14	0,4*0,4	-	-	+	KS108
128*64	<u>MT-12864J</u>	+	+	75,0*52,7*8,5	60,0*32,6	0,4*0,4	-	-	+	KS108

2.4.3 Органи керування

В якості органів керування пропонується вибрати тактові кнопки для поверхневого монтажу, які відрізняються високою надійністю, зручністю монтажу і використання, низькою ціною (рис.2.6) [16].



Рисунок 2.6 – Тактові кнопки

2.5 Розрахунок випромінювача ультразвукових коливань

2.5.1 Порушення об'ємних хвиль за допомогою поверхневих електродів

Нехай на поверхні п'єзоелектрика, що займає півпростір $z > 0$, знаходяться два електроди (рис.2.7), відстань між внутрішніми краями яких $2b$, а між зовнішніми $2a$, і до електродів прикладена різниця потенціалів

$U(t) = U_0 e^{j\omega t}$. Для простоти п'єзоелектрик вважатимемо квазіізотропним середовищем, що характеризується модулем зсуву μ , ефективною діелектричною проникністю ϵ_r і тензором п'єзоелектричних постійних e_{ik} .

У разі тонких електродів, що не створюють механічного навантаження на поверхні, граничні умови для напруги мають вигляд:

$$\frac{u}{z} = \frac{1}{2} e_{14} E_x(x,0) - e_{34} E_z(x,0). \quad (2.1)$$

Тоді для зміщення чисто поперечної хвилі отримуємо:

$$u(x,z) = \frac{j}{2} \int_0^R H_0^1 k_t \sqrt{(x-x')^2 - z^2} e_{14} E_x(x,0) - e_{34} E_z(x',0) dx' \quad (2.2)$$

Переходячи до полярних координат для далекої зони, маємо

$$u(x,z) = \frac{j}{\sqrt{2k_t R}} e^{j(k_t R - \pi/4)} e^{jk_t x' \sin \theta} (e_{14} E_x(x',0) - e_{34} E_z(x',0)) dx' \quad (2.3)$$

Тобто розподіл поля випромінювання в дальній зоні виражається через Фур'є-образ функції збудження джерела. В [17] відзначено, що компоненти електричного поля на поверхні $E_x(x, 0)$ і $E_z(x, 0)$ пов'язані між собою перетворенням Гільберта і, отже, їх Фур'є-образи пов'язані співвідношенням

$$E_x(k_t) = -jE_z \operatorname{sign}(k_t \sin \theta).$$

Для пари штирів (рис.2.7) отримуємо:

$$E_z(x) = \frac{jE_0}{\sqrt{a^2 - x^2} \sqrt{x^2 - b^2}}, \quad x \in [a, b], \quad (2.4)$$

$$\frac{jE_0}{\sqrt{a^2 - x^2} \sqrt{x^2 - b^2}}, \quad x \in [b, a].$$

Фур'є-образ нормальної складової поля можна представити у вигляді:

$$E(k_t \sin \theta) = \frac{2 E_0}{a} F(a, b, \theta) = \frac{2 E_0}{a} P_n(1 - 2 \sin^2 \theta) J_{2n-1}(k_t a \sin \theta), \quad (2.5)$$

де $P_n(z)$ - поліном Лагранжа; $\frac{b}{a}$; $J_n(z)$ — функція Бесселя.

Постійну нормування E_0 обчислимо по заданій різниці потенціалів між електродами:

$$U_0 = \int_a^b \frac{E_0 dx}{\sqrt{b^2 - x^2} \sqrt{a^2 - x^2}} = \frac{2E_0}{a} K\left(\frac{b}{a}\right), \quad (2.6)$$

де $K(x)$ — повний еліптичний інтеграл першого роду.

Для середньої за часом щільності потоку енергії в далекій зоні з наведених формул отримаємо:

$$|\bar{P}| = \frac{3(e_{14}^2 - e_{34}^2)U_0^2}{4RK^2\left(\frac{b}{a}\right)} F(a, b, \theta). \quad (2.7)$$

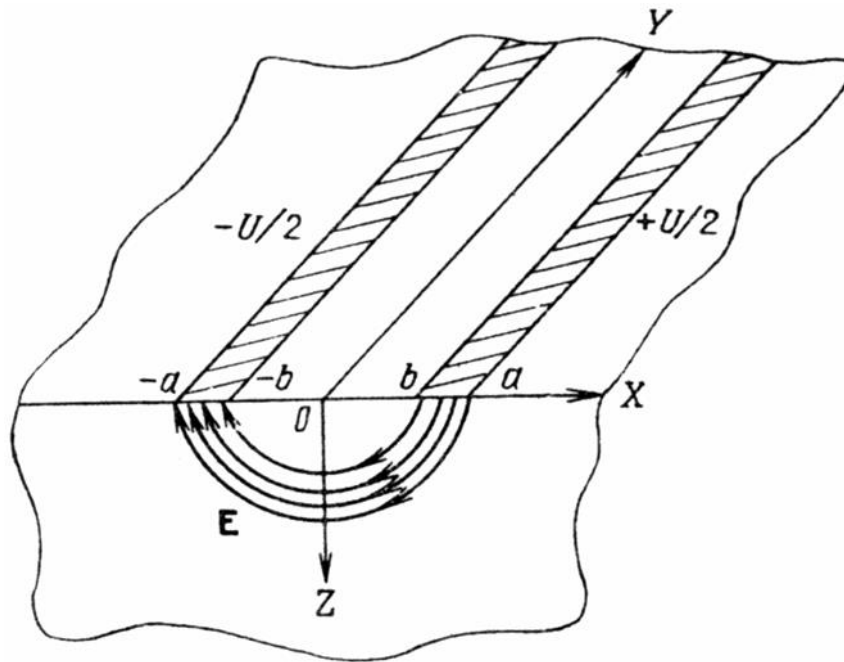


Рисунок 2.7 – Геометрія збудження об'ємних акустичних хвиль парою електродів на півпросторі

На рис.2.8 представлена діаграма спрямованості двохелектродного випромінювача при різних значеннях параметра ka в разі $\epsilon = 0,35$. Для більш вузьких електродів (~ 1) максимуми випромінювання виявляються вуже, ніж на рис.2.8, а для більш широких ($\ll 0$) - ширше.

Ясно, що з-за протифазного характеру порушення двохелектродний випромінювач не створює в дальній зоні потоку енергії по нормалі до поверхні. Однак якщо якимось чином виключити випромінювання пружних хвиль, що порушуються у зовнішніх країв електродів, наприклад розглянути поле випромінювання в точці, положення якої відповідає ближній зоні всього випромінювача, але «дальній зоні» міжелектродного проміжку, то при $\epsilon_{14} = 0$ потік енергії по нормалі виявляється відмінним від нуля в результаті випромінювання синфазних ділянок, розташованих між електродами.

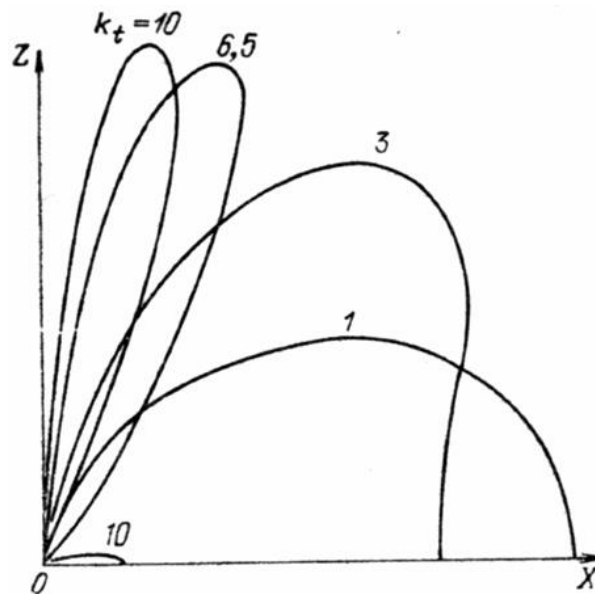


Рисунок 2.8 - Діаграма спрямованості випромінювання об'ємних акустичних хвиль парою електродів при $\beta = 0,35$

Зазвичай при таких розрахунках не ставлять за мету провести точний аналіз конкретного пристрою, а прагнуть отримати обґрунтовану еквівалентну схему для класу пристроїв, яку можна використовувати в подальшому. У розглянутому прикладі пару електродів, підключених до джерела напруги з амплітудою U , можна уявити електричною схемою, що містить паралельно включені ємності C і опір випромінювання R_a , яке пов'язує з повною акустичною потужністю P_a , що випромінює у напівпростір, співвідношенням $P_a = U^2 / R_a$.

Використовуючи наведені формули, в даному випадку отримаємо:

$$R_a = \frac{R_1}{W \Phi(k, a, \beta)}$$

де W — апертура електродів;

$$R_1 = \frac{3}{e_{14}^2 e_{34}^2};$$

$$\Phi(k, a, b) = \frac{1}{k^3} E_1^2(a, b, k) d$$

Ємність пари електродів неважко виразити через U і повний заряд на електроді:

$$C_2 = \frac{Q}{U} = \frac{K(k')}{2K(k_1)}$$

де $k_1 = \frac{a}{b}; k_1' = \sqrt{1 - k_1^2}$.

Наведене рішення, отримане за допомогою формули Келдиша-Сєдова, не враховує зворотного впливу пружних хвиль на розподіл заряду по електродних поверхнях, що в розглянутому випадку фізично виправдано тим, що порушені пружні хвилі йдуть від електродів, так що можна допустити, що взаємодія хвиль з електродами відсутня.

Характерною особливістю електродного збудження чисто поперечних хвиль є те, що на підкладках певної орієнтації (наприклад, на підкладках повернутого Y-зрізу кварцу або берлініта) збуджується тільки один тип хвиль без всяких паразитних сигналів, відомі також орієнтації LiNbO₃ та LiTaO₃, для яких збудження інших типів хвиль дуже слабке. Дані обставини роблять привабливим застосування чисто поперечних хвиль в приладах на так званих підповерхневих хвилях, в яких зустрічно-штирова система електродів збуджує чисто поперечну об'ємну хвилю, що поширюється практично вздовж поверхні кристала.

З рис.2.8 видно, що діаграма спрямованості однієї пари штирів відповідає випромінюванню в основному в об'єм, отже, випромінювання хвиль уздовж поверхні можна забезпечити за рахунок того, що діаграма спрямованості багатоеlementного випромінювача містить «фактор комбінування» - множник, що залежить від розташування окремих пар штирів. Щоб максимум випромінювання об'ємних хвиль системою електродів був спрямований

уздовж поверхні, необхідно окремі пари електродів розташовувати на відстанях, приблизно рівних довжині хвилі уздовж поверхні кристала.

Загальна потужність випромінювання систем N когерентно збуджених електродів пропорційна N^2 , ширина головної пелюстки діаграми спрямованості системи випромінювачів пропорційна $1/N$, отже, інтенсивність об'ємних хвиль в максимумі діаграми спрямованості пропорційна N . Анізотропію підкладки для випадку повернутого кварцу Y -зрізу (або взагалі кристала класу 32) врахувати неважко, оскільки перетин хвильової поверхні сагітальною площиною є еліпсом [18].

Якщо орієнтація підкладки обрана так, що електричне поле поверхневих електродів збуджує пружні хвилі, поляризовані в сагітальній площині, наприклад при порушенні релеєвських хвиль, то розрахунок дифракційного поля пружної хвилі в квазіізотропному наближенні можна провести так само, як в попередньому випадку. Зокрема, для кварцу ST -зрізу показано, що найбільшу інтенсивність має поздовжнє хвиля на частоті, що в 1,8 рази перевищує центральну частоту електродного перетворювача, і на цій частоті вона може перевищувати інтенсивність ПАХ.

Розрахунок збудження хвиль, поляризованих в сагітальній площині, ускладнюється тією обставиною, що виникає ПАХ впливає на розподіл заряду на електродах. Однак доведено, що ПАХ помітно впливають на розподіл зарядів на електродах тільки поблизу частоти акустичного синхронізму ПАХ, а на частотах, віддалених від частоти акустичного синхронізму, де найбільш сильно збуджуються об'ємні хвилі, можна знехтувати впливом ПАХ. Мабуть, можна вважати, що немає особливих причин використовувати інтегральні рівняння для розрахунку збудження об'ємних хвиль поверхневими електродами.

2.5.2 Електродне збудження поверхневих акустичних хвиль

Для розрахунку збудження ПАХ електродами, розташованими на поверхні п'єзоелектрика, необхідно знати розподіл заряду на електродах. Розглянемо найпростіший випадок порушення ПАХ парою електродів нескінченної довжини, розташованих паралельно осі Y . Будемо вважати спочатку, що розподіл заряду на електродах відповідає формулі Келдиша-Седова [18]. Для даного випадку отримаємо:

$$u_x = \frac{1}{4} \frac{k_p^2 k_t^2 e_{33} k_t^2 e_{15}}{T(k)} E(k_p);$$

$$u_z = \frac{1}{4} \frac{k_t^2 e_{33} k_p^2 k_t^2 e_{15}}{j T(k)} E(k_p),$$

де k_p — хвильовий вектор релеєвської хвилі;

$E(k_p) = \frac{2 E_0}{a} P_n \frac{1}{n} J_{2n-1}(ak_p) —$ Фур'є-образ нормальної складової електричного поля на поверхні $z = (\quad , \quad 0)$.

Частотна залежність $E(k_p)$ представлена на рис.2.9, з якої видно, що пара електродів є широкосмуговим випромінювачем. Наприклад при $\alpha = 0,33$ ширина смуги пропускання за рівнем 3 дБ складає близько 140%.

Застосування формули (2.1) до розрахунку випромінювання ПАХ засноване на припущенні, що порушені пружні хвилі слабо спотворюють розподіл заряду на електродах. Таке припущення є спірним навіть для випадку двох штирів і тим більше - для багатоелектродних систем.

Строгий підхід до вирішення завдання про порушення ПАХ, що враховує взаємодію ПАХ з системою електродів, був розвинений в [18]. У роботах [17, 19] були побудовані функції Гріна для потенціалу або заряду на по-

верхні п'єзоелектричного напівпростору, за допомогою яких електричне поле можна представити у вигляді квадратур. Граничні умови для електричних величин в інтегральному вигляді приводять до системи інтегральних рівнянь Фредгольма першого роду, вирішення яких можливе лише в чисельному вигляді. При збільшенні числа електродів такої підхід вимагає великих витрат машинного часу.

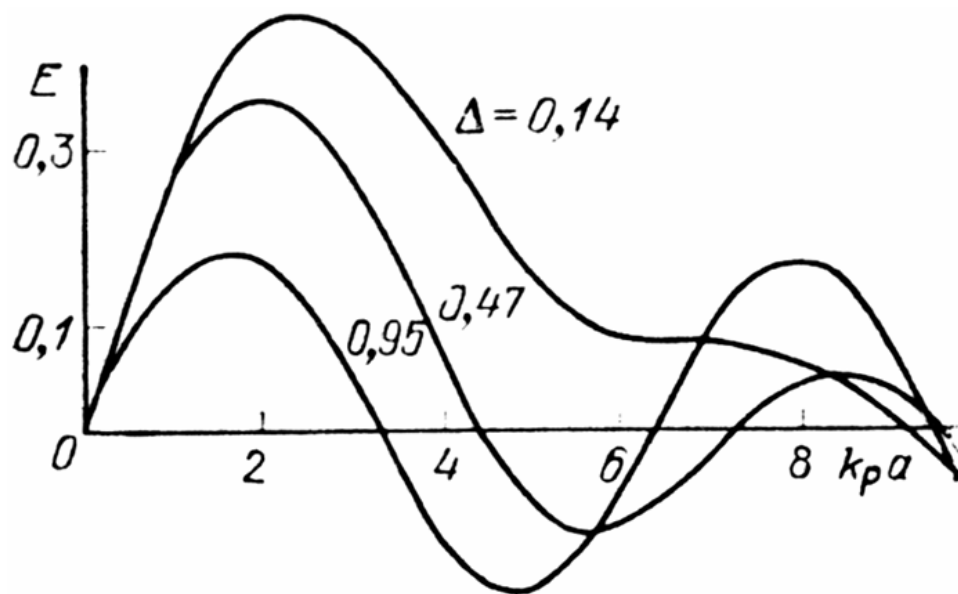


Рисунок 2.9 – Частотна залежність амплітуди ПАХ, що збуджується парою електродів

У роботах [20] був розвинений дещо інший підхід: використовуючи поняття комплексної поверхневої провідності, автори сформулювали замкнуту зовнішню задачу для п'єзоелектрика, яка зводиться до інтегрального рівняння Фредгольма другого роду для нормальної складової електричного поля на поверхні, рішення якої може бути знайдено у вигляді ітераційного ряду. В [19] показано, що рішення інтегрального рівняння дозволяє точно врахувати вплив збуджених ПАХ на розподіл заряду, який, зокрема, позначається в тому, що ємність пари електродів на ніобіті літію виявляється на 10% менше, а амплітуда електричного потенціалу ПАХ на 9% менше, ніж в наближенні за-

даного заряду.

Для перетворювачів з великим числом електродів розбіжність між точним рішенням і електростатичним наближенням збільшується. Наприклад, для YZ-ніобата літію максимальна різниця спектральних характеристик п'єзоперетворювачів з 4 або 8 електродами становить близько 25%, а для германата вісмуту близько 10% в разі (001) зрізу і [110] напрямку поширення. Наведені результати показують, що на сильних п'єзоелектриках точний розрахунок збудження ПАХ вимагає рішення самоузгодженої задачі, а на середніх і слабких п'єзоелектриках, мабуть, можна обмежитися електростатичним наближенням, якщо не прагнути отримати точність розрахунку краще 10%.

Однак при розрахунку багатоелементних збуджувачів систем формула Келдиша-Седова виявляється вельми громіздкою для інженерного розрахунку, і зазвичай при розрахунку топології реальних приладів вдаються до подальших спрощень. Найбільш часто використовують так звану модель δ -функцій, в якій реальний розподіл заряду на електродах, що має сингулярності на краях кожного електрода, замінюють або двома δ -функціями, розташованими по краях кожного електрода, або на одну δ -функцію, розташовану в середині електрода [21].

В [20] для підвищення точності розрахунку розподіл заряду в багатоелементних еквідистантних системах і в системах з повільно мінливою відстанню між електродами рекомендується визначати в такий спосіб: заряд на крайніх електродах обчислювати за формулою для ємності ізольованою пари електродів C_2 , а заряд на інших електродах - за формулою для ємності пари штирів в нескінченній періодичній решітці. При такому підході модель δ -функцій забезпечує точність розрахунку випромінювання ПАХ не менше $\pm 10\%$, причому модель однієї δ -функції дає дещо завищені значення, а модель двох δ -функцій кілька занижені значення в порівнянні з розрахунком за формулою Келдиша-Седова. Ще більшої точності можна досягти, якщо вважати, що розподіл заряду на кожному електроді відповідає розподілу на одиночній

ідеально провідній смузі:

$$q_n(x) = \frac{q_n}{\sqrt{(x - a_n)(b_n - x)}}. \quad (2.8)$$

Апроксимація (1.13) дає дуже близьку відповідність з розрахунком в електростатичному наближенні.

2.5.3 Еквівалентна схема випромінювача

При інженерних розрахунках ПАХ приладів часто використовують метод еквівалентної схеми. Розглянемо випадок двох електродів на поверхні півпростору.

Аналогічно розрахунку параметрів еквівалентної електричної схеми, наведеним вище, можна отримати R_a і для двоелектродного випромінювача ПАХ в електростатичному наближенні. Однак такий підхід не володіє достатньою спільністю, оскільки на електродах, об'єднаних в решітку, розподіл заряду відрізняється від розподілу заряду на двох відокремлених електродах, що ясно з порівняння формул для ємностей C_1 і C_3 . Таким чином, для збереження прийнятої в електростатичному наближенні точності (нехтування взаємодією зарядів на електродах з пружними хвилями) доводиться заново проводити розрахунок в кожному конкретному випадку [17], що вимагає досить громіздких обчислень на ЕОМ.

Оскільки розрахункові труднощі виникають через складний характер розподілу заряду на електродах, то доцільно максимально спростити картину розподілу електричного поля, замінивши реальний розподіл моделлю «плоского поля». [16].

Модель плоского поля зводить збудження ПАХ до відомих випадків порушення коливань поздовжнім і поперечним електричними полями, для яких відомі еквівалентні електричні схеми [18]. Хоча дані еквівалентні схеми

були отримані в [18] для збудження об'ємних акустичних хвиль, їх застосування до розрахунку перетворювачів ПАХ виявилось вельми успішним [19], і вони знайшли досить широке поширення. На рис.2.10 представлена еквівалентна схема Мезона для пари електродів на поверхні п'єзоелектрика. Параметри елементів схеми наступні:

$Z_0 = \rho v W h$: ρ - щільність матеріалу підкладки; v - швидкість ПАХ; W - апертура перекриття сусідніх електродів; h - крок розміщення електродів; γ - ємність пари електродів; k - коефіцієнт трансформації ідеального трансформатора; β - п'єзоконстанта, що визначає порушення ПАХ. Електричні величини - напруга U_i і струм I_i - визначаються через механічні величини - силу F_i і швидкість зсуву v_i , на краях секції співвідношеннями:

$$U_i = F_i / \gamma \quad i, v_i = \beta I_i$$

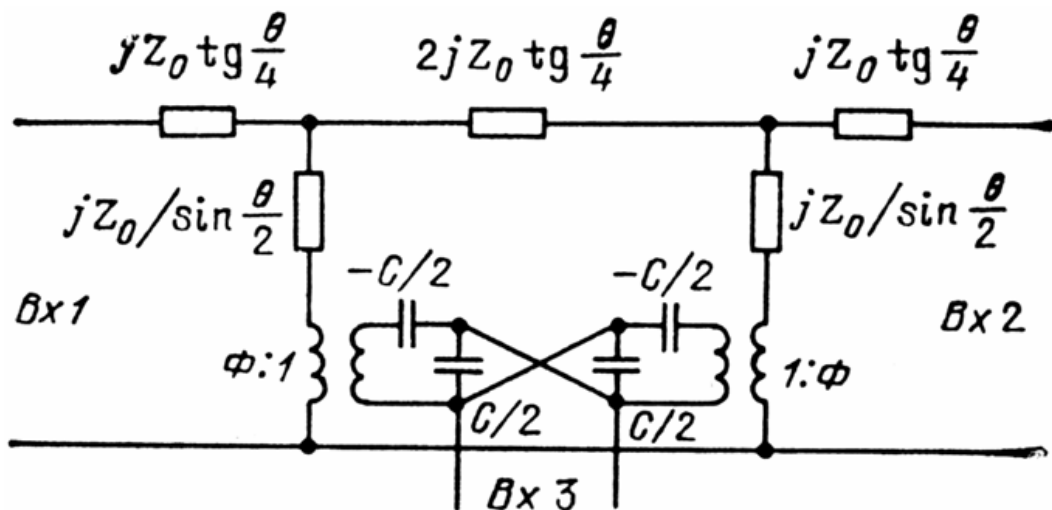


Рисунок 2.10 – Еквівалентна схема двохелектродного перетворювача ПАХ

Еквівалентна схема рис.2.10 має два акустичних входи (1 і 2), оскільки ПАХ випромінюються в обидві сторони від перетворювача. Негативну ємність - слід враховувати тільки для матеріалів з дотичним збудженням.

Справедливість еквівалентної схеми рис.2.10 поблизу частоти синх-

ронізма була підтверджена експериментально [21], що дозволяє використовувати таку схему для визначення вхідного і вихідного повного опору фільтра, причому найчастіше - на центральній частоті або поблизу неї.

2.6 Розробка електричної схеми приладу

2.6.1 Розрахунок і моделювання підсилювача

На рис.2.11 представлена схема неінвертуючий підсилювача сигналу на операційному підсилювачі.

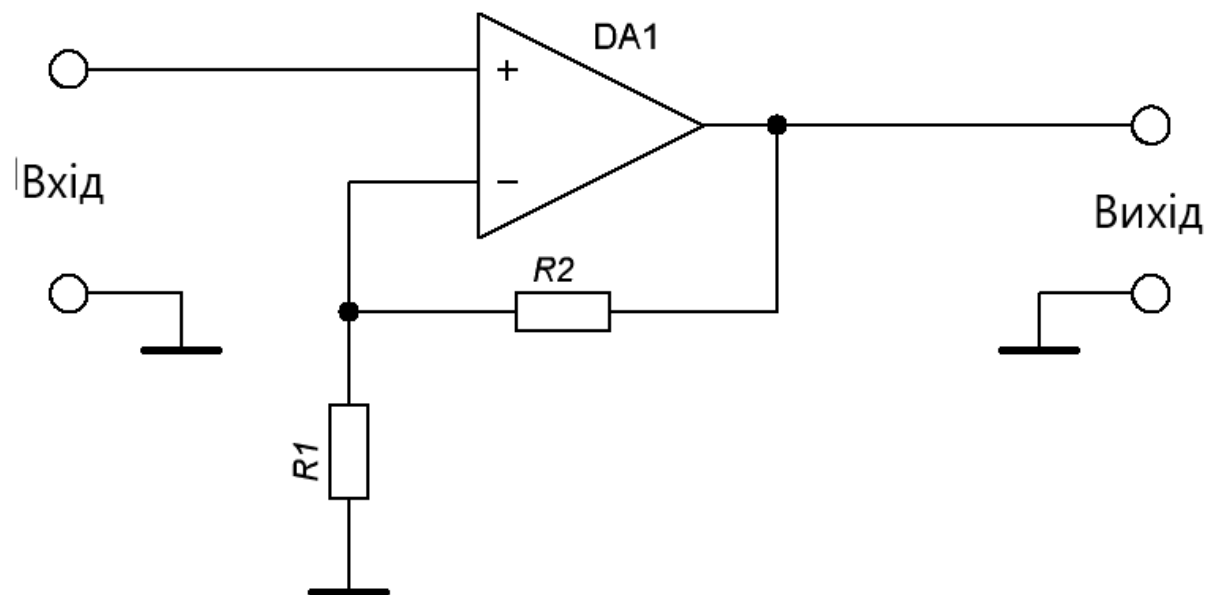


Рисунок 2.11 – Схема неінвертуючий підсилювача сигналу на операційному підсилювачі

Коефіцієнт посилення підсилювача, включеного за такою схемою визначається виразом:

$$K = 1 + \frac{R_2}{R_1},$$

де K – коефіцієнт підсилення;

R_1 – вхідний опір;

R_2 – опір зворотного зв'язку.

Задаємо значення вхідного опору R_1 рівним 10 кОм, тоді опір зворотного зв'язку:

$$R_2 = (K - 1) \cdot R_1,$$

$$R_2 = (10 - 1) \cdot 10^4 = 9 \cdot 10^4 \text{ Ом} = 90 \text{ кОм}.$$

Вибираємо найближче значення опору з номінального ряду E24:

$$R_2 = 91 \text{ кОм}$$

і обчислюємо скоригований коефіцієнт посилення:

$$K = 1 + \frac{91 \cdot 10^3}{10^4} = 10,1.$$

Відмінність розрахункового значення коефіцієнта посилення від необхідного має бути враховано в програмі управління мікроконтролером.

Для перевірки роботи схеми було проведено її моделювання в програмі Electronics Workbench.

Схемна модель підсилювача представлена на рис.2.12.

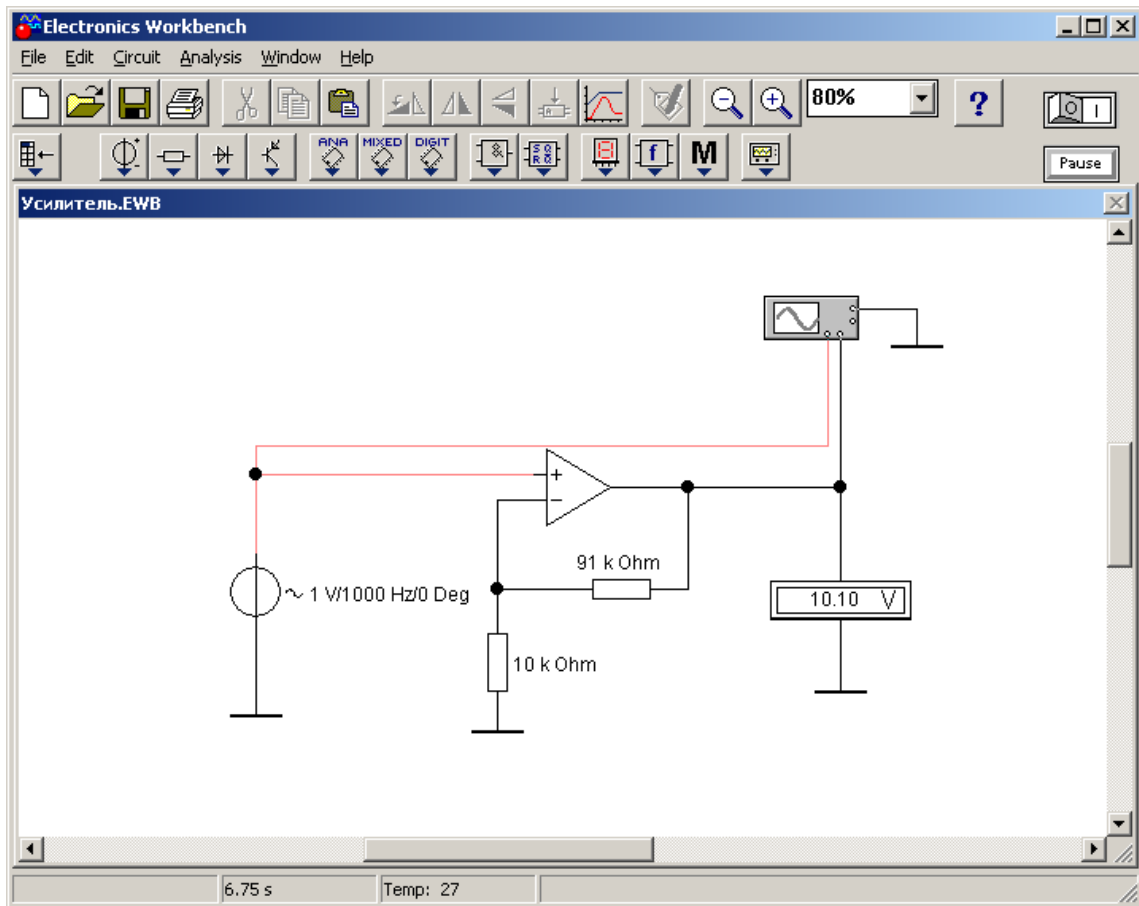


Рисунок 2.12 – Схемна модель підсилювача

На рис.2.13 наведені тимчасові діаграми вхідного і вихідного сигналів підсилювача, отримані на екрані віртуального осцилографа. Зі свідчень вимірювальних приладів, можна зробити висновок про працездатність схеми.

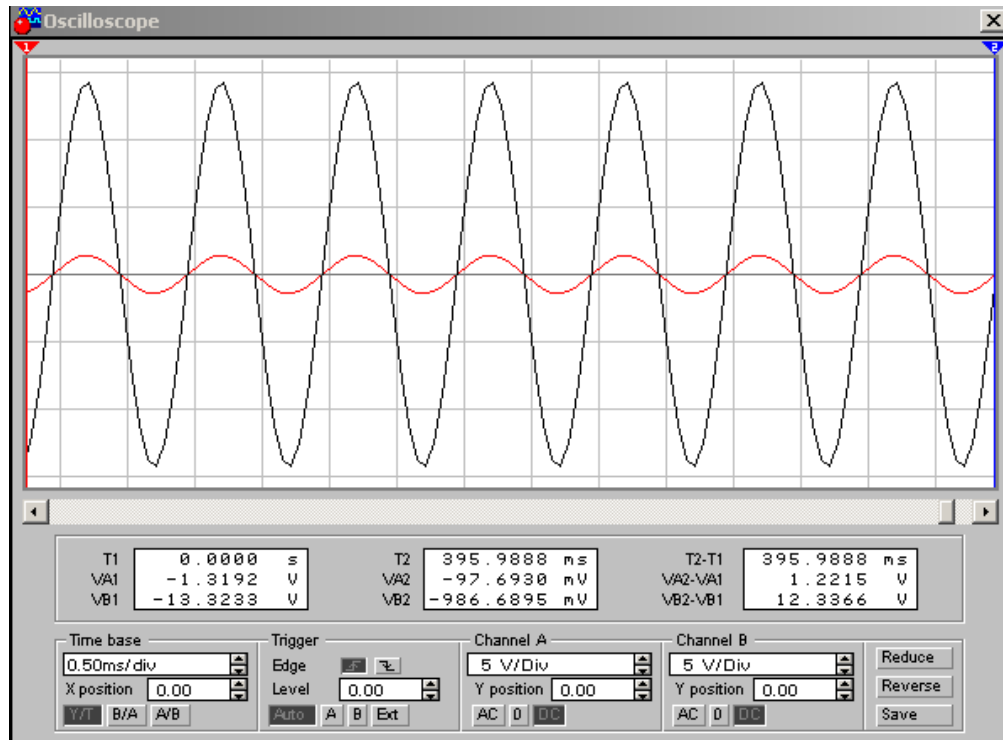


Рисунок 2.12 – Тимчасові діаграми вхідного і вихідного сигналів підсилювача

2.6.2 Розрахунок і моделювання фільтра низьких частот

Для розрахунку фільтра проєктованого вимірювача задаємося наступними його характеристиками:

- коефіцієнт посилення по напрузі - $k_u = 2$;
- частота відсічення - $f_{\text{ідс}} = 50\text{Гц}$.

Використовуємо активний фільтр Баттерворта третього порядку, з причини найбільшої крутизни його АЧХ і простоти схемної реалізації (рис.2.13) [1].

Виберемо величини резисторів R1, R2, R3, R4 з умови:

$$R1 = R2 = R3 = R; \quad R4 = 2 R k_u.$$

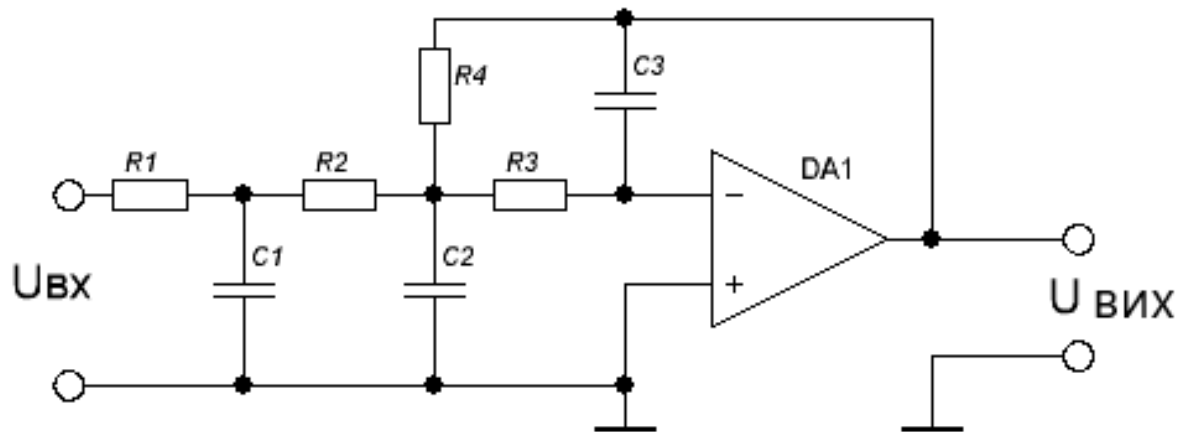


Рисунок 2.13 – Активний фільтр Баттерворта третього порядку

Приймаємо величини $R1 = R2 = R3 = R = 1 \text{ кОм}$, звідси

$$R4 = 2 \cdot 1000^2 = 4000 \text{ Ом} = 4 \text{ кОм}.$$

Використавши значення частоти відсічки f можна обчислити значення ємностей $C1, C2, C3$ за формулами:

$$C1 = \frac{2.4553}{2\pi \cdot f_{\text{отс}} \cdot R}; \quad C2 = \frac{2.1089}{2\pi \cdot f_{\text{отс}} \cdot R}; \quad C3 = \frac{0.1931}{2\pi \cdot f_{\text{отс}} \cdot R}$$

Підставивши $f = 50 \text{ Гц}$ отримуємо:

$$C1 = \frac{2.4553}{2 \cdot 3.14 \cdot 1000 \cdot 1000} = 390 \text{ нФ},$$

$$C2 = \frac{2.1089}{2 \cdot 3.14 \cdot 1000 \cdot 1000} = 335 \text{ нФ},$$

$$C3 = \frac{0.1931}{2 \cdot 3.14 \cdot 1000 \cdot 1000} = 30.7 \text{ нФ}.$$

Вибираємо близькі значення ємностей конденсаторів C1, C2, C3 з номінального ряду E24:

$$C1 = 0.39 \text{ мкФ},$$

$$C2 = 0.33 \text{ мкФ},$$

$$C3 = 30 \text{ нФ}.$$

Тип вибраного операційного підсилювача ролі не грає, тому вибираємо поширений недорогий ОУ LM324.

В результаті розрахунку складових фільтра були обрані значення ємностей, які близькі до розрахункових, але не рівні їм. Для перевірки правильності функціонування підсилювача проведемо моделювання його роботи в програмному симуляторі MicroCAP.

Схемна модель спроектованого фільтра в програмному симуляторі MicroCAP представлена на рис.2.14.

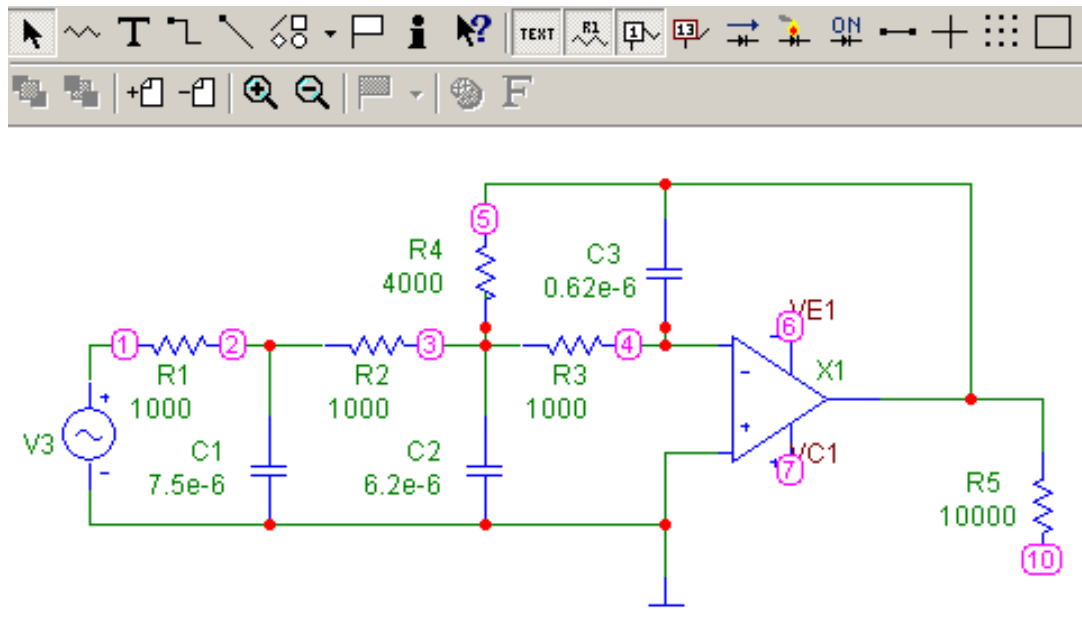


Рисунок 2.14 – Схемна модель фільтра низьких частот в програмному симуляторі MicroCAP

Тимчасові діаграми напруг в контрольних точках (1) і (10) отримані в результаті моделювання представлені на рис.2.15.

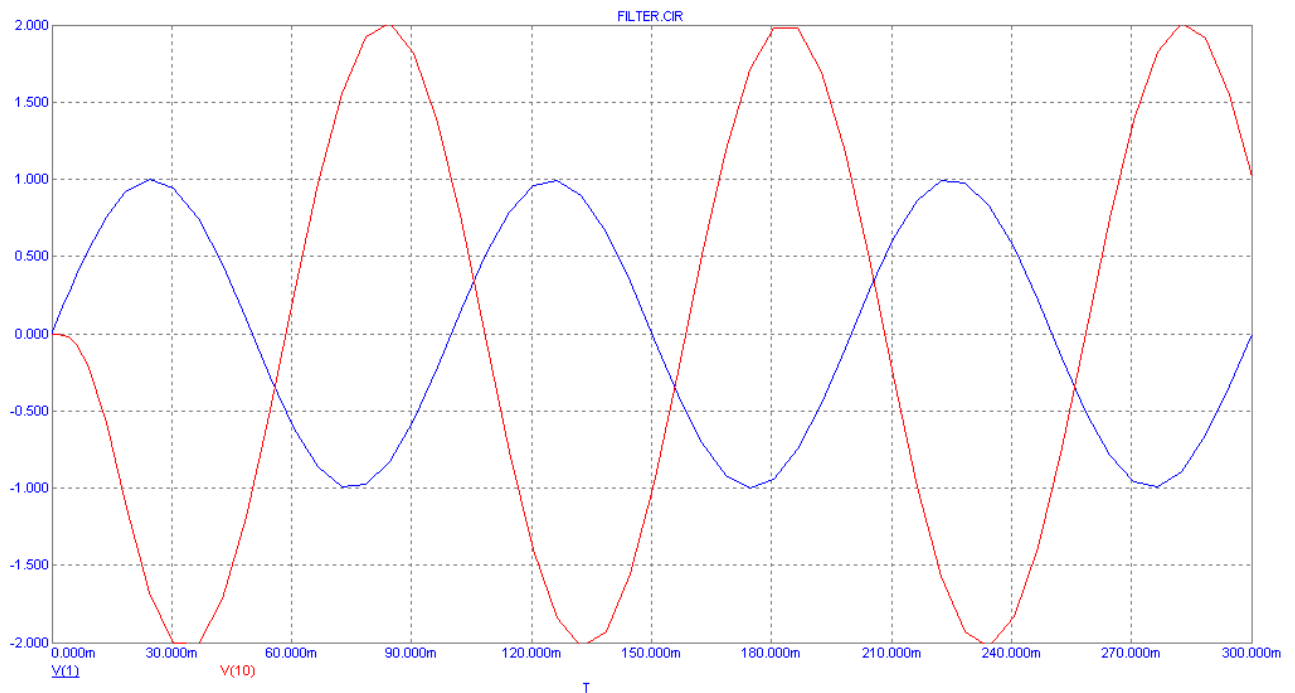


Рисунок 2.15 – Тимчасові діаграми напруг в контрольних точках (1) і (10) отримані в результаті моделювання

Як видно з діаграм, вхідна напруга посилилася в два рази, а також змінилася фаза. Досліджуємо амплітудно-частотну характеристику спроектованого фільтра. Для цього в інструменті AC Analysis встановимо межі дослідження (рис.2.16) і введемо вираз для осі Y - db (v (10)). Для отримання на другому графіку фазо-частотної характеристики додамо ще один рядок, в якій вираз для осі Y набуде вигляду - ph (v (10)).

Амплітудно-частотна і фазо-частотна характеристики спроектованого фільтра низьких частот представлені на рис.2.17 і 2.18 відповідно.

Як бачимо, частота відсічення фільтра знаходиться на рівні 1000 Гц,

що відповідає розрахунковим значенням. Фазове спотворення сигналу в діапазоні частот від 0 до 1000 Гц велике, але досить рівномірне, тому не повинно суттєво вплинути на результат вимірювань.

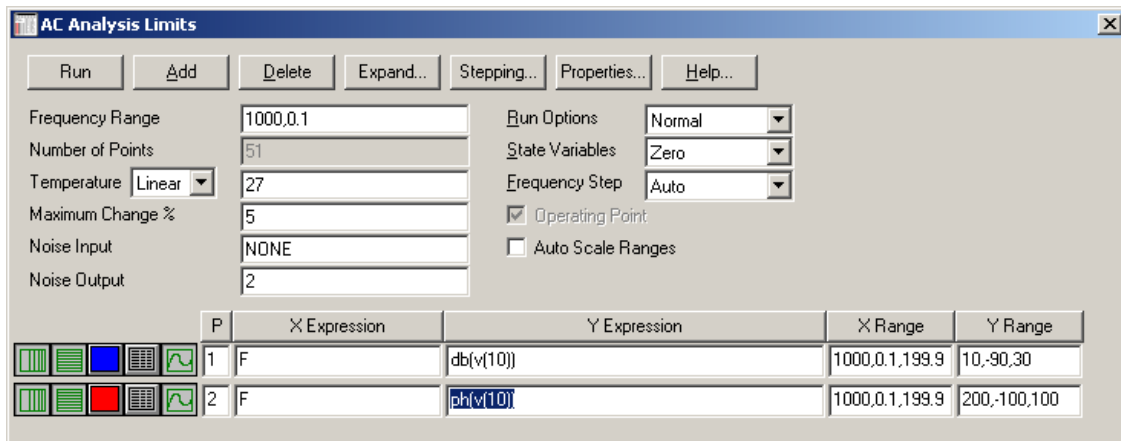


Рисунок 2.16 – Налаштування інструменту AC Analysis

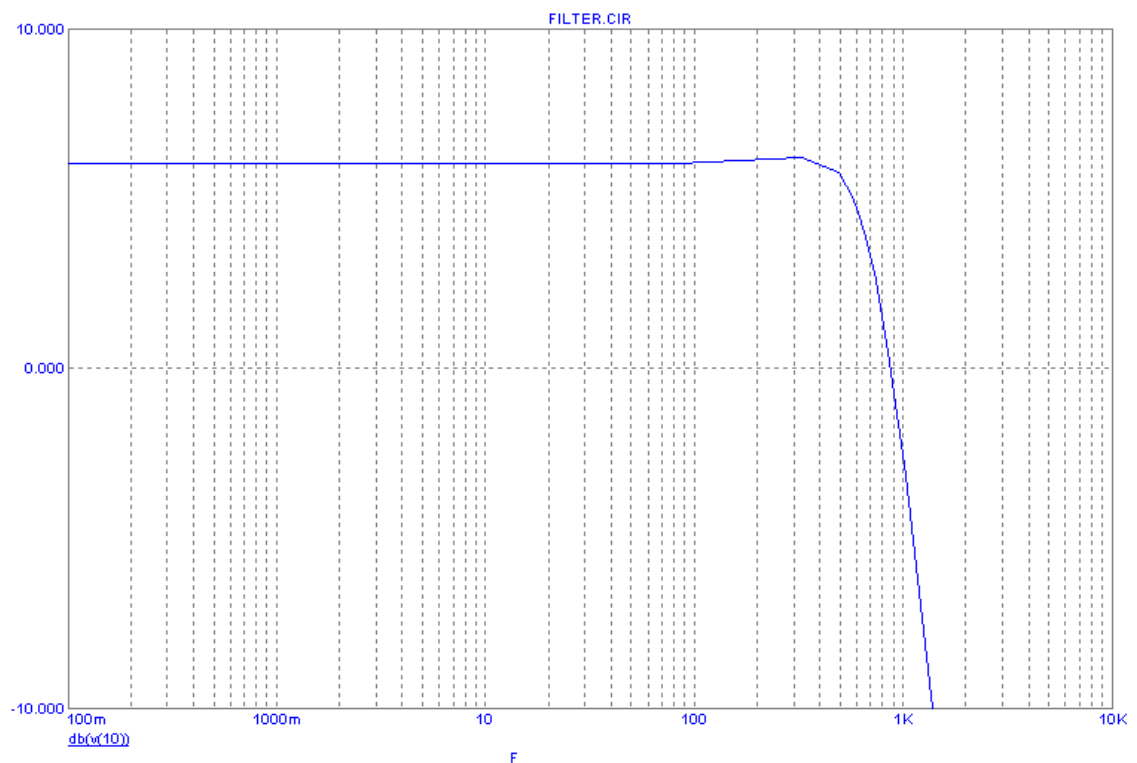


Рисунок 2.17 – Амплітудно-частотна характеристика фільтра низьких частот Баттерворта

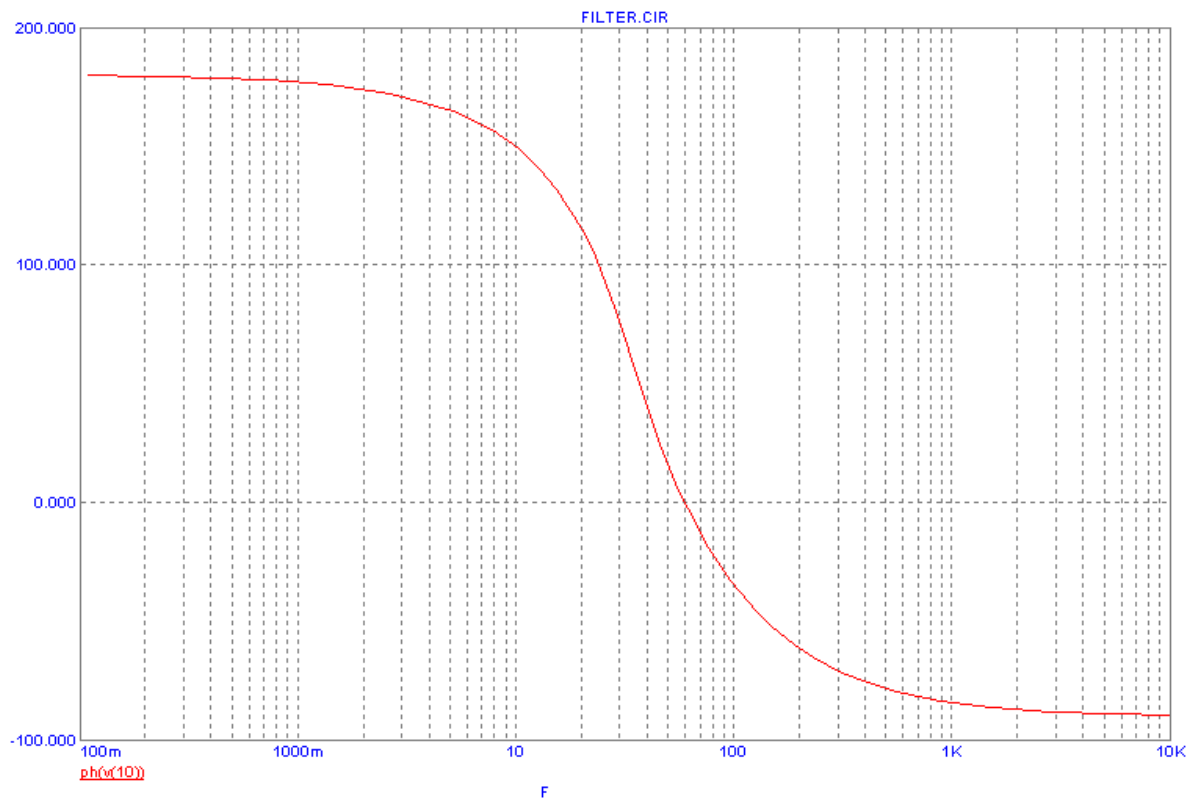


Рисунок 2.18 – Фазо-частотна характеристика фільтра низьких частот Баттерворта

Ґрунтуючись на блок-схему пристроїв випромінювання, проводимо розробку електричної схеми приладу, яка представлена на рис.2.19.

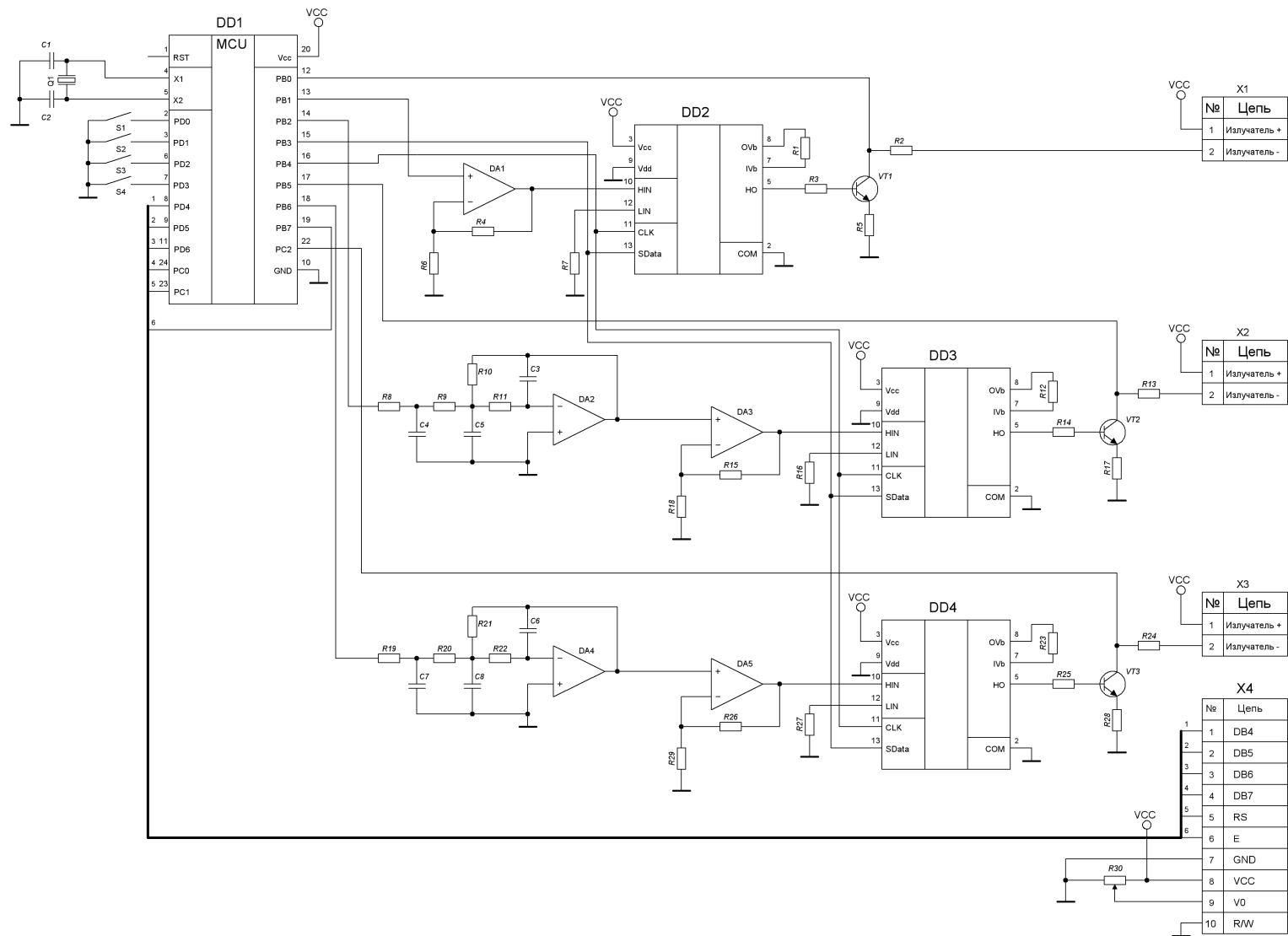


Рисунок 2.19 – Електрична схема приладу для терапії дерматологічних захворювань

Мікроконтролер DD1 генерує аналогові сигнали управління випромінювачами. В якості керованих підсилювачів використовуються мікросхеми зі змінним (програмованим) коефіцієнтом посилення (PGA) DD2, DD3, DD4.

В якості генератора коливань ультразвукового випромінювача використовується широтно-імпульсний модулятор і фільтр низьких частот.

Роз'єми X1, X2, X3 призначені для підключення кінцевих схем лазерного, інфрачервоного і ультразвукового випромінювачів відповідно.

До роз'єму X4 підключається графічних ЖК-індикатор.

Тактові кнопки S1-S4, конструктивно виконані у вигляді джойстика використовуються для вибору режиму роботи та управління параметрами кожного з режимів.

Таким чином запропоновано прилад для терапії дерматологічних захворювань, що представляє собою програмно-апаратний комплекс та об'єднує три методи терапевтичного впливу: лазерне, ультразвукове та ультрафіолетове випромінювання.

Розроблений прилад побудовано на основі мікроконтролера фірми Atmel серії AT91SAM. Напруга живлення -12 В. Вибір режиму роботи та управління параметрами кожного з режимів відбувається за допомогою тактових кнопок, що конструктивно виконані у вигляді джойстика.

Результати моделювання в програмному симуляторі MicroCAP та середовищі Electronics Workbench підтвердили працездатність приладу для комплексного лікування дерматологічних захворювань.

3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Шкіра - це найбільший, витривалий і в той же час крихкий орган людини. Як і серце, печінку або шлунок, вона має складну структуру, виконує життєво важливі функції, а її здоров'я є неодмінною умовою гарного самопочуття людини в цілому. І точно так само, як і інші органи, шкіра надзвичайно вразлива перед патологічними процесами.

Особливість шкірних захворювань полягає в тому, що вони, як правило, стають очевидними з самих ранніх стадій. Саме це допомагає хворому розпочати лікування негайно. З іншого боку, шкірні захворювання доставляють людям виражений психологічний дискомфорт, особливо коли швидко усунути симптоми не представляється можливим. Тому діагностика і лікування будь-яких дерматологічних хвороб - це необхідна умова повернення до повноцінного життя [22].

3.1 Огляд приладів для терапії захворювань шкіри

Апарат магніто - інфрачервоно - лазерний терапевтичний Мілта Ф- 8-01 (рис. 3.1)

Апарат « МИЛТА -Ф- 8-01» призначений для оснащення лікувальних установ різного профілю. Лікувальна дія заснована на одночасному або роздільному (а також будь-якому поєднанні) впливі на пацієнта трьох фізичних чинників: постійного магнітного поля, імпульсного лазерного і постійного світлодіодного випромінювань інфрачервоного діапазону довжин хвиль.



Рисунок 3.1 –Зовнішній вигляд апарату МИЛТА -Φ- 8-01[18]

Технічні характеристики

Механізм впливу	Магнітне поле (20 мТ), лазерне випромінювання (12-15 Вт, довжина хвилі 0,85-0,89 мкм), інфрачервоне випромінювання (0-100 мВт, довжина хвилі 0,85-0,89 мкм)
Габаритні розміри, мм	240 x 215 x 115
Живлення, В	220 / 110В, 50/60 Гц
Маса, кг не більше	2,5
Наявність таймеру	так
Ціна, грн	494547

Апарат ультразвукової терапії УЗТ- 1.01Ф (рис.3.2).

Призначений для генерування ультразвукових механічних коливань з метою впливу ними на окремі ділянки тіла.

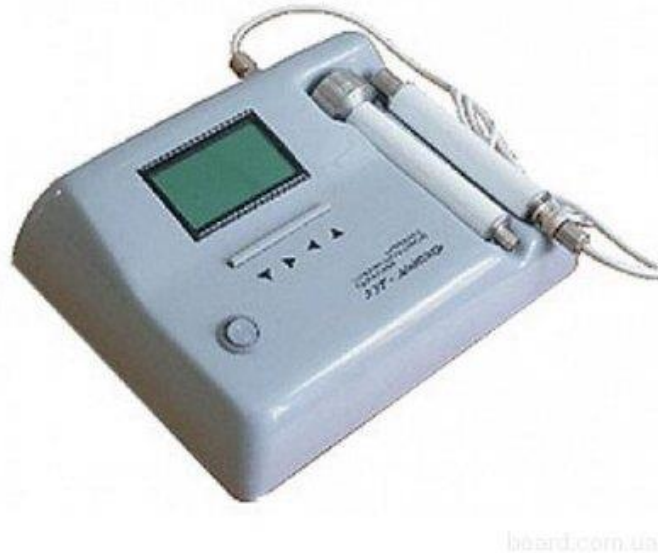


Рисунок 3.2 –Зовнішній вигляд апарату УЗТ- 1.01Ф[18]

Таблиця 3.1 -Технічні характеристики

Механізм впливу	Уз коливання з частотою 0,88 МГц
Габаритні розміри, мм	250 x 200 x 100
Живлення, В	220 / 110В , 50 Гц
Маса, кг не більше	4
Наявність таймеру	так
Ціна, грн	23596

Апарат ультрафіолетового випромінювання УФІТ-В (рис.3.3) призначений для опромінення шкірного покриву в ультрафіолетом діапазоні. Саме це УФ-випромінювання має терапевтичний вплив для лікування таких захворювань, як псоріаз, вітиліго та ін.



Рисунок 3.2 –Зовнішній вигляд апарату УФІТ-В [18]

Таблиця 3.2 -Технічні характеристики

Механізм впливу	Ультрафіолетове випромінювання з довжиною хвилі 311 нм
Габаритні розміри, мм	корпус індуктора -155x60x84 корпус випромінювача - 295x57x52
Живлення, В	220 / 110В, 50 Гц
Маса, кг не більше	0,018
Наявність таймеру	ні
Ціна, грн	6950

Блок-схему запропонованого пристрою зображено на рисунку 3.3.

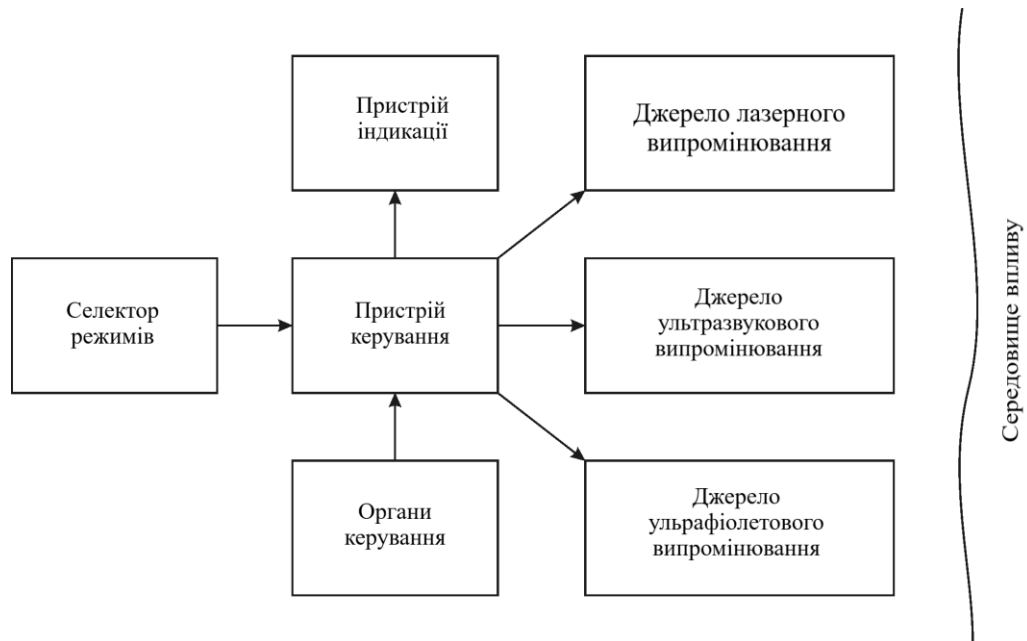


Рисунок 3.3 – Блок- схема запропонованого приладу

Таблиця 3.3 -Технічні характеристики

Механізм впливу	Лазерне випромінювання (20 – 60мВт, довжина хвилі 0.89 мкм, УЗ коливання (880КГц), Ультрафіолетове випромінювання (1-1 МВт)
Габаритні розміри, мм	52x38x15
Живлення, В	12
Маса, кг не більше	4
Наявність таймеру	ні
Ціна, грн	1700

3.2 Порівняльний аналіз приладів для терапії дерматологічних захворювань за критеріями

Проведено аналіз приладів враховуючи шкалу відносної важливості (табл.3.4) [23]

Таблиця 3.4 – Варіанти видів терапевтичних приладів

Технологія	Короткий опис (ФПП)
А	Апарат «МИЛТА -Ф- 8-01»
В	Апарат УЗТ- 1.01Ф
С	Апарат УФІТ-В
Д	Запропонований пристрій

Таблиця 3.5 – Шкала відносної важливості

Інтенсивність відносної важливості	Визначення
1	рівна важливість
3	помірна перевага
5	сильна перевага
7	значна перевага
9	дуже сильна перевага
2,4,6,8	проміжні судження

Вибір робимо за критеріями, наведеними в таблицях 3.1 - 3.3, встановлюємо відносну вагу кожного критерію на основі матриці попарних порівнянь для обраних критеріїв.

Таблиця 3.6 – Попарне порівняння критеріїв

Критерій	1	2	3	4	5	$\sqrt[6]{\frac{a_{ij}}{a_{ji}}}$	X_i
1. Механізм впливу	1	1/7	1/7	1	1	0,77	0,08
2. Габаритні розміри	7	1	1	5	5	2,8	0,31

3. Живлення	7	3	1	5	5	3,49	0,38
4. Функціональні можливості	1	1	1	1	1/3	0,8	0,09
5. Вартість	1	1	1	3	1	1,24	0,14
						9,1	1

Далі аналогічно складаємо 6 матриць попарних порівнянь альтернатив стосовно кожного критерію (таблиці 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.10, 3.11). Оскільки тепер порівнюються 4 технології по одному критерію, то $i = 1, 2, 3, 4$;

$$X_i = \frac{\sqrt[4]{\prod_{j=1}^4 a_{ij}}}{\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \sqrt[4]{\prod_{j=1}^4 a_{ij}}}}; \quad - \text{сума по стовпці } \sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 a_{ij}}. \quad (3.1)$$

Таблиця 3.7 – Порівняння альтернатив стосовно критерію «механізм впливу»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 a_{ij}}$	X_i
A	1	5	5	3	2,94	0,5
B	1/5	1	1	1	0,66	0,11
C	1/5	1	1	1	0,66	0,11
D	1/3	5	5	1	1,69	0,28
					5,95	1

Таблиця 3.8 – Порівняння альтернатив стосовно критерію «габаритні розміри»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 a_{ij}}$	X_i

A	1	1	1	1	1	0,17
B	5	1	3	1	1,96	0,34
C	5	1/3	1	1	1,13	0,2
D	7	1	1	1	1,62	0,29
					5,71	1

Таблиця 3.9 – Порівняння альтернатив стосовно критерію «живлення»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 a_{ij}}$	X _i
A	1	1	1	1	1	0,17
B	3	1	1	1	1,31	0,21
C	5	3	1	1	1,96	0,31
D	5	3	1	1	1,96	0,31
					6,23	1

Таблиця 3.10 – Порівняння альтернатив стосовно критерію «функціональні можливості»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 a_{ij}}$	X _i
A	1	1	5	1	1,49	0,27
B	3	1	3	1	1,73	0,31
C	1/5	1/3	1	1/3	0,6	0,1
D	3	1	3	1	1,73	0,31
					5,55	1

Таблиця 3.11 – Порівняння альтернатив стосовно критерію «вар-
тість»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 a_{ij}}$	X _i
A	1	1	1	1	1	0,2
B	3	1	3	1	1,73	0,34
C	5	1/3	1	1	1,13	0,22
D	7	1	1/3	1	1,24	0,24
					5,1	1

Глобальний пріоритет для кожної альтернативи обчислюється як сума добутків кожного локального пріоритету на його ваговий коефіцієнт.

Таблиця 3.12 – Глобальний пріоритет для кожної альтернативи

Пріоритети	№1	№2	№3	№4	№5	Глоба- льний
Вага	0,08	0,31	0,38	0,09	0,14	
Апарат « МИЛТА - Ф- 8-01 »	0,5	0,17	0,17	0,27	0,2	0,2096
Апарат УЗТ- 1.01Ф	0,11	0,34	0,21	0,31	0,34	0,2695
Апарат УФІТ-В	0,11	0,2	0,31	0,1	0,22	0,2284
Розроблений при- лад	0,28	0,29	0,31	0,31	0,24	0,2916

З порівняння глобальних пріоритетів різних видів терапевтичних апаратів (табл.3.12) видно, що найбільшим є пріоритет у розробленого приладу.

3.3 Розрахунок витрат на елементи електричної схеми

Таблиця 3.13 – Розрахунок вартості покупних виробів

Найменування елемента	Тип	Кількість, шт.	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн
Мікроконтролер	AT91SAM	1	299	299
Мікросхема	LMH6881	3	200	600
Індикатор	MT-12864J	1	58	58
Підсилювач	LM324	5	2	10
Тактові кнопки	H9	3	2	6
Разом				973

Таким чином за допомогою методу аналізу ієрархій проведено порівняння чотирьох терапевтичних приладів за наступними критеріями: 1) механізм впливу; 2) габаритні розміри; 3) живлення; 4) функціональні можливості; 5) вартість;

Найбільший локальний пріоритет за багатьма критеріями є найвищим для розробленого приладу.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих факторів

Проведення розрахунків та необхідність схемотехнічного моделювання, запропонованої в дипломній роботі технічної розробки, вимагали застосування сучасного програмного забезпечення: Electronics Workbench, MS Word, MicroCAP, Sprint Layout 6.0. Тому розглянемо потенційно небезпечні фактори, що виникають при роботі з персональним комп'ютером [24].

Робочі місця, обладнані персональними комп'ютерами, повинні відповідати вимогам «Правил охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин», затверджених Наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 26.03.2010 року № 65 (Правила), та «Державних санітарних правил і норм роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин», затверджених постановою Головного державного санітарного лікаря України від 10.12.98 N 7 (ДСанПіН 3.3.2-007-98). Зазначені нормативно-правові акти встановлюють санітарно-гігієнічні вимоги до приміщення, в якому розташоване робоче місце, власне до робочого місця, освітлення, рівнів вібрації і шуму, мікроклімату в приміщенні тощо.

Будівлі та приміщення, де розміщені робочі місця з ЕОМ, мають бути не нижче другого ступеня вогнестійкості. Для всіх будівель і приміщень повинно бути визначено клас зони згідно з НПАОП 40.1-1.01-97. Відповідне позначення повинно бути нанесено на вхідних дверях кожного приміщення. Не дозволяється розташування приміщень з робочими місцями у підвалах і цокольних поверхах. Неприпустимим є розташування приміщень категорій А

і Б, а також виробництв з мокрими технологічними процесами поряд з приміщеннями, де розташовуються робочі місця, а також над ними чи під ними. При цьому площа приміщення має бути не менше 6,0 кв. м. із розрахунку на одне робоче місце, а об'єм – не менше 20,0 куб. м.

Віконні прорізи приміщень для роботи з персональними комп'ютерами мають бути обладнані регульованими пристроями (жалюзі, завіски, зовнішні козирки. Для внутрішнього оздоблення приміщень з персональними комп'ютерами слід використовувати дифузно-відбивні матеріали з коефіцієнтами відбиття для стелі 0,7-0,8, для стін 0,5-0,6. Покриття підлоги повинне бути матовим з коефіцієнтом відбиття 0,3-0,5. Поверхня підлоги має бути рівною, неслизькою, з антистатичними властивостями. Забороняється для оздоблення інтер'єру приміщень з персональними комп'ютерами застосовувати полімерні матеріали (деревинно-стружкові плити, шпалери, що миються, рулонні синтетичні матеріали, шаруватий паперовий пластик тощо), що виділяють у повітря шкідливі хімічні речовини. Полімерні матеріали для внутрішнього оздоблення приміщень з персональними комп'ютерами можуть бути використані при наявності дозволу органів та установ державної санітарно-епідеміологічної служби. Приміщення можуть обладнуватись шафами для зберігання документів, магнітних дисків, полицями, стелажми, тумбами тощо з урахуванням вимог до площі приміщень.

Заземлені конструкції (батареї опалення, водопровідні труби, кабелі із заземленим відкритим екраном), мають бути надійно захищені діелектричними щитками або сітками з метою недопущення потрапляння під напругу. Приміщення мають бути оснащені системою автоматичної пожежної сигналізації і вогнегасниками відповідно до вимог чинного законодавства України. Проходи до засобів пожежогашіння мають бути вільними. Крім того приміщення мають бути оснащені аптечками першої медичної допомоги.

При розміщенні робочих столів з персональними комп'ютерами слід дотримувати [25]:

відстань між бічними поверхнями персональних комп'ютерів 1,2 м.;
відстань від тильної поверхні одного персонального комп'ютера до екрана іншого – 2,5 м.

За потреби особливої концентрації уваги під час виконання робіт суміжні робочі місця операторів необхідно відділяти одне від одного перегородками висотою 1,5 — 2м.

Конструкція робочого місця користувача персонального комп'ютера має забезпечити підтримання оптимальної робочої пози офісного працівника. Конструкція робочого столу має відповідати сучасним вимогам ергономіки і забезпечувати оптимальне розміщення на робочій поверхні використовуваного обладнання (дисплея, клавіатури, принтера) і документів. Висота робочої поверхні робочого столу має регулюватися в межах 680-800 мм, а ширина і глибина – забезпечувати можливість виконання операцій у зоні досяжності моторного поля (рекомендовані розміри: 600-1400мм, глибина – 800-1000мм).

Робочий стіл повинен мати простір для ніг заввишки не менше ніж 600мм, завширшки не менше ніж 500мм, завглибшки (на рівні колін) не менше ніж 450мм, на рівні простягнутої ноги не менше ніж 650мм. Робочий стілець має бути підйомно-поворотним, регульованим за висотою, з кутом і нахилу сидіння та спинки і за відстанню від спинки до переднього краю сидіння поверхня сидіння має бути плоскою, передній край – заокругленим. Регулювання за кожним із параметрів має здійснюватися незалежно, легко і надійно фіксуватися. Шаг регулювання елементів стільця має становити: для лінійних розмірів – 15-20мм, для кутових – 2-5 градусів. Зусилля регулювання має не перевищувати 20Н. Висота поверхні сидіння має регулюватися в межах 400-500мм, а ширина і глибина становити не менше ніж 400мм. Кут нахилу сидіння — до 15 градусів вперед і до 5 градусів назад. Висота спинки стільця має становити (300+-20) мм, ширина — не менше ніж 380 мм, радіус кривизни горизонтальної площини — 400мм. Кут нахилу спинки має регулюватися в межах 1-30 градусів від вертикального положення. Відстань від

спинки до переднього краю сидіння має регулюватися в межах 260-400мм. Для зниження статичного напруження м'язів верхніх кінцівок слід використовувати стаціонарні або змінні підлокітники завдовжки не менше ніж 250мм, завширшки 50-70мм, що регулюються за висотою над сидінням у межах 230-260мм і відстанню між підлокітниками в межах 350-500мм. Поверхня сидіння і спинки стільця має бути напівм'якою з нековзним, повітроне-проникним покриттям, що легко очиститься і не електризується. Робоче місце має бути обладнане підставкою для ніг завширшки не менше ніж 300мм, завглибшки не менше ніж 400мм, що регулюється за висотою в межах до 150мм і за кутом нахилу опорної поверхні підставки до 20 градусів. Підставка повинна мати рифлену поверхню і бортик по передньому краю заввишки 10мм.

Робочі місця слід розташовувати відносно світових прорізів так, щоб природне світло падало переважно з лівого боку. Монітор має розташовуватися на оптимальній відстані від очей користувача, що становить 600-700мм, але не ближче ніж за 600мм з урахуванням розміру літерно-цифрових знаків і символів. Розташування екрана монітору має забезпечувати зручність зорового спостереження у вертикальній площині під кутом +30 градусів до нормальної лінії погляду працівника. Клавіатуру слід розташовувати на поверхні столу на відстані 100-300 мм від краю, звернутого до працюючого. У конструкції клавіатури має передбачатися опорний пристрій (виготовлений із матеріалу з високим коефіцієнтом тертя, що перешкоджає мимовільному її зсуву), який дає змогу змінювати кут нахилу поверхні клавіатури у межах 5-15 градусів. Висота середнього рядка клавіш має не перевищувати 30мм. Поверхня клавіатури має бути матовою з коефіцієнтом відбиття 0,4. Розташування пристрою введення — виведення інформації має забезпечувати добру видимість монітору, зручність ручного керування в зоні досяжності моторного поля і за висотою – 900-1300мм, за шириною 400-500мм. Під матричні принтери потрібно підкладати вібраційні килимки для гасіння вібрації та шуму[26].

Щодня перед початком роботи необхідно очищати монітор від пилу та інших забруднень. Після закінчення роботи персональний комп'ютер і периферійні пристрої повинні бути відключені від електричної мережі. У разі виникнення аварійної ситуації необхідно негайно відключити персональний комп'ютер і периферійні пристрої від електричної мережі.

Не допускається [27]:

виконувати обслуговування, ремонт та налагодження персонального комп'ютеру та периферійних пристроїв безпосередньо на робочому місці оператора;

зберігати біля персонального комп'ютеру та периферійних пристроїв папір, будь-які носії інформації (диски, флешки тощо), запасні блоки, деталі тощо, якщо вони не використовуються для поточної роботи;

відключати захисні пристрої, самочинно проводити зміни у конструкції та складі персонального комп'ютеру та периферійних пристроїв або їх технічне налагодження;

працювати з персональним комп'ютером, у яких під час роботи з'являються нехарактерні сигнали, нестабільне зображення на моніторі тощо;

працювати з матричним принтером за відсутності вібраційного килимка та зі знятою (піднятою) верхньою кришкою.

Приміщення для роботи з персональними комп'ютерами мають бути обладнані системами опалення, кондиціонування повітря, або припливно-витяжною вентиляцією. У приміщеннях на робочих місцях мають забезпечуватись оптимальні значення параметрів мікроклімату: температури, відносної вологості й рухливості повітря у відповідності до ГОСТ 12.1.005-88, СН 4088-86 [28].

Таблиця 4.1 – Оптимальні мікрокліматичні показники згідно з СН 4088-86

Пора року	Категорія робіт	Температура повітря, град. С	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
		оптимальна	оптимальна	оптимальна
Холодна	легка-1 а	22 - 24	40 - 60	0,1
	легка-1 б	21 - 23	40 - 60	0,1
Тепла	легка-1 а	23 - 25	40 - 60	0,1
	легка-1 б	22 - 24	40 - 60	0,2

Рівні позитивних і негативних іонів у повітрі мають відповідати санітарно-гігієнічним нормам № 2152-80.

Таблиця 4.2 - Рівні позитивних і негативних іонів у повітрі

Рівні	Кількість іонів в 1 см куб. повітря	
	n +	n -
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500 – 3000	3000 - 5000
Максимально допустимі	50000	50000

Для підтримки допустимих значень мікроклімату та концентрації позитивних та негативних іонів необхідно передбачати установки або прилади зволоження та/або штучної іонізації, кондиціонування повітря. Приміщення, в яких встановлені персональні комп'ютери, повинні мати природне та штучне освітлення відповідно до СНиП II-4-79. Природне освітлення має здійснюватися через світлові прорізи, орієнтовані переважно на північ чи північний схід і забезпечувати коефіцієнт природною освітленості (КПО) не нижче ніж 1,5%. Розраховується КПО за методикою, викладеною в СНиП II-4-79. Штучне освітлення в приміщеннях з робочими місцями має здійснюватися системою загального рівномірного освітлення. У разі переважної роботи з документами, допускається застосування системи комбінованого освітлення (крім системи загального освітлення додатково встановлюються світильники місцевого освітлення). Зазначення освітленості на поверхні робочого столу у зоні розміщення документів має становити 300-500лк. Якщо ці значення освітленості неможливо забезпечити системою загального освітлення, допускається використовувати місцеве освітлення. При цьому світильники місцевого освітлення слід встановлювати таким чином, щоб не створювати відблисків на поверхні екрана, а освітленість екрана має не перевищувати 300лк. Як джерела світла в разі штучного освітлення мають застосовуватись переважно люмінесцентні лампи типу ЛБ. У разі влаштування відбитого освітлення у приміщеннях, де переважним чином працюють з документами, допускається застосування металогалогенних ламп потужністю 250Вт. Допускається застосування ламп розжарювання у світильниках місцевого освітлення. Система загального освітлення має становити суцільні або переривчасті лінії світильників, розташовані збоку від робочих місць (переважно ліворуч), паралельно лінії зору працюючих.

Допускається використання світильників таких класів світлорозподілу:

прямого світла — П;

переважно прямого світла — Н;

переважно відбитого світла — В.

Для загального освітлення слід застосовувати світильники серії ЛПО 3б із дзеркальними ґратами, що укомплектовані високочастотними пускорегулювальними апаратами (ВЧ ПРА). Допускається застосовувати світильники цієї серії без ВЧ ПРА тільки в модифікації «Кососвітло».

Застосування світильників без розсіювачів та екрануючих ґрат заборонено. Яскравість світильників загального освітлення в зоні кутів випромінювання від 50 до 90 градусів з вертикаллю в повздовжній та поперечній площинах має становити не більше ніж 200 кд/м^2 , захисний кут світильників — не менше ніж 40 градусів. Світильники місцевого освітлення повинні мати відбивач, що просвічує, із захисним кутом, не меншим ніж 40 градусів.

Слід передбачити обмеження прямої близькості від джерел природного та штучного освітлення. При цьому яскравість світлих поверхонь (вікна, джерела штучного освітлення), що розташовані в полі зору повинна бути не більше ніж 200 кд/м^2 . Необхідно обмежувати відбиту близькість на робочих поверхнях відносно джерел природного і штучного освітлення. При цьому яскравість відблисків на екрані ВДТ має не перевищувати 40 кд/м^2 , а яскравість стелі в разі застосування системи відбитого освітлення — 200 кд/м^2 .

Показник освітленості у разі використання джерел загального штучного освітлення у виробничих приміщеннях має не перевищувати 20, а показник дискомфорту в адміністративно-громадських приміщеннях має бути не більше за 40. Необхідно обмежувати нерівномірність розподілу яскравості в полі зору працюючих з ВДТ. При цьому співвідношення яскравостей робочих поверхонь має бути не більшим ніж 3:1, а співвідношення яскравостей робочих поверхонь та поверхонь стін, обладнання тощо — 5:1. Коефіцієнт запасу для освітлювальних установок загального освітлення має дорівнювати 1,4. Коефіцієнт пульсації має не перевищувати 5%, що забезпечується застосуванням газорозрядних ламп у світильниках загального та місцевого освітлення з ВЧ ПРА для світильників будь-яких типів. Якщо не має світильників з ВЧ ПРА, то лампи багатолампових світильників або світильники загального освітлення, розташовані поруч, слід вмикати на різні фази трьохфазної мере-

жі. Для забезпечення нормованих значень освітленості у приміщеннях з ВДТ ЕОМ та ПЕОМ слід чистити шибки і світильники принаймні двічі на рік і вчасно замінювати лампи, що перегоріли.

4.2 Електробезпека

Персональні комп'ютери, периферійні пристрої, інше устаткування (апарати управління, контрольно-вимірювальні прилади, світильники), електропроводи та кабелі за виконанням і ступенем захисту мають відповідати класу зони, мати апаратуру захисту від струму короткого замикання та інших аварійних режимів. Під час монтажу та експлуатації ліній електромережі необхідно повністю унеможливити виникнення електричного джерела загоряння внаслідок короткого замикання та перевантаження проводів, обмежувати застосування проводів з легкозаймистою ізоляцією і, за можливості, застосовувати негорючу ізоляцію. Лінія електромережі для живлення персональних комп'ютерів і периферійних пристроїв виконується як окрема групова трипровідна мережа шляхом прокладання фазового, нульового робочого та нульового захисного провідників. Нульовий захисний провідник використовується для заземлення (занулення) електроприймачів. Не допускається використовувати нульовий робочий провідник як нульовий захисний провідник. Нульовий захисний провідник прокладається від стійки групового розподільного щита, розподільного пункту до розеток електроживлення. Не допускається підключати на щиті до одного контактного затискача нульовий робочий та нульовий захисний провідники. Площа перерізу нульового робочого та нульового захисного провідника в груповій трипровідній мережі має бути не менше площі перерізу фазового провідника. Усі провідники мають відповідати номінальним параметрам мережі та навантаження, умовам навколиш-

нього середовища, умовам розподілу провідників, температурному режиму та типам апаратури захисту.

У приміщенні, де одночасно експлуатуються понад п'ять персональних комп'ютерів і периферійних пристроїв, на помітному та доступному місці встановлюється аварійний резервний вимикач, який може повністю вимкнути електричне живлення приміщення, крім освітлення.

Персональні комп'ютери і периферійні пристрої повинні підключатися до електромережі тільки за допомогою справних штепсельних з'єднань і електророзеток заводського виготовлення. У штепсельних з'єднаннях та електророзетках, крім контактів фазового та нульового робочого провідників, мають бути спеціальні контакти для підключення нульового захисного провідника. Їхня конструкція має бути такою, щоб приєднання нульового захисного провідника відбувалося раніше, ніж приєднання фазового та нульового робочого провідників. Порядок роз'єднання при відключенні має бути зворотним. Не допускається підключати персональні комп'ютери та периферійні пристрої до звичайної двопровідної електромережі, в тому числі з використанням перехідних пристроїв.

Електромережі штепсельних з'єднань та електророзеток для живлення персональних комп'ютерів та периферійних пристроїв потрібно виконувати за магістральною схемою, по 3-6 з'єднань або електророзеток в одному колі. Штепсельні з'єднання та електророзетки для напруги 12В та 42В за своєю конструкцією мають відрізнятися від штепсельних з'єднань для напруги 127В та 220В. Штепсельні з'єднання та електророзетки, розраховані на напругу 12В та 42В, мають візуально (за кольором) відрізнятися від кольору штепсельних з'єднань, розрахованих на напругу 127В та 220В. Індивідуальні та групові штепсельні з'єднання та електророзетки необхідно монтувати на негорючих або важкогорючих пластинах. Електромережу штепсельних розеток для живлення персональних комп'ютерів і периферійних пристроїв при розташуванні їх уздовж стін приміщення прокладають по підлозі поруч зі стінами приміщення, як правило, в металевих трубах і гнучких металевих ру-

кавах, а також у пластикових коробах і пластмасових рукавах з відводами відповідно до затвердженого плану розміщення обладнання та технічних характеристик обладнання. При розміщенні в приміщенні до п'яти персональних комп'ютерів і периферійних пристроїв допускається прокладання трипровідникового захищеного проводу або кабелю в оболонці з негорючого чи важкогорючого матеріалу по периметру приміщення без металевих труб та гнучких металевих рукавів. Не допускається в одній трубі прокладати ланцюги до 42В та вище 42В.

При організації робочих місць електромережу штепсельних розеток для живлення персональних комп'ютерів, периферійних пристроїв і у центрі приміщення прокладають у каналах або під знімною підлогою в металевих трубах або гнучких металевих рукавах. При цьому не допускається застосовувати провід і кабель в ізоляції з вулканізованої гуми та інші матеріали, які містять сірку[29].

4.3 Пожежна та техногенна безпека

Категорія приміщення по пожежній вибухонебезпечності згідно СНиП 2.01.02 - 85 має I ступінь вогнестійкості, а по пожежовибухонебезпеці відноситься до категорії В, тобто в приміщенні зберігаються тверді горючі речовини. Клас приміщення лабораторії з пожежної небезпеки відповідно до ПУЕ-85-П-110 (використовуються горючі матеріали, магнітні носії інформації) [30].

У лабораторії можливі наступні причини виникнення пожежі: несправність електропроводки, порушення протипожежних правил і правил експлуатації приладів. Тому, відповідно до ГОСТ 12.4.009-83 в приміщенні слід встановити первинні засоби пожежогасіння. Виходячи із загальної площі приміщення і категорії приміщення з вибухопожежної та пожежної небезпеки, потрібно поставити два вогнегасника з вуглекислою типу ОУ-5. Вогне-

гасники повинні розміщуватися на висоті не більше 1,5 м від рівня підлоги до нижнього торця вогнегасника. Їх розміщують таким чином, щоб інструктивні написи на корпусі були видні.

Також пропонується застосування сигналізації про виникнення пожежі шляхом установки датчиків КН-1, налаштованих на температуру спрацювання 70°C. Оскільки один датчик типу КН-1 здатен контролювати площу 3 м² розрахуємо кількість датчиків (Кд) необхідних для приміщення лабораторії [31]

$$\frac{S}{3} = \frac{20}{3} \cdot 7 \quad (4.1)$$

Для більш надійного контролю приміщення лабораторії прийнято кількість датчиків типу КН-1 яка дорівнює 8. Різні рідини використовувані при монтажно-складальних роботах (спирт, розчинники, скипидар і ін.), повинні зберігатися в закритому небиткому посуді. Посуд повинен мати написи про його вміст.

Організаційно-технічними заходами щодо забезпечення пожежної безпеки є: організація навчання персоналу правилам пожежної безпеки; розробка заходів щодо дій робітників на випадок виникнення пожежі. Важливою мірою щодо забезпечення пожежної безпеки є організація пожежної охорони приміщення, яка передбачає профілактичний і оперативне обслуговування. Оскільки в лабораторії працює 4 людини, тому в разі виникнення пожежі при евакуації робочого персоналу використовується вхідні двері, згідно плану евакуації (рис. 4.1).

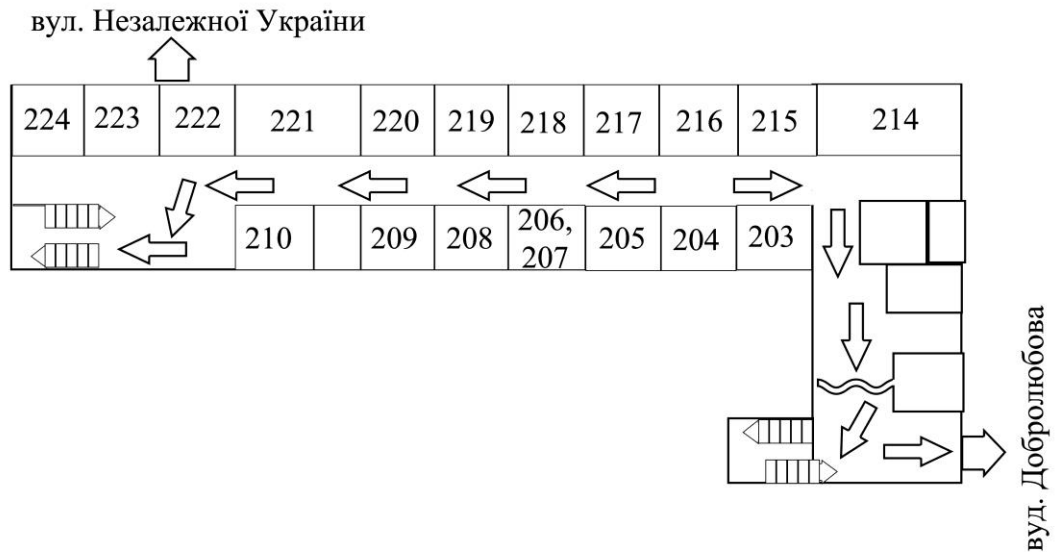


Рисунок 4.1 – План евакуації на випадок пожежі

4.4 Визначення стану виробничого середовища при роботі з комп'ютерною технікою

Відомо, що робота працівників, пов'язаних з електронно-обчислювальними машинами (ЕОМ) та супутньою технікою, відноситься до професій з нервово-емоційним навантаженням. Це пояснюється впливом ряду шкідливих чинників: електромагнітні поля, статична електрика, шум, температура, складність забезпечення раціонального освітлення, перенапруження аналізаторів, монотонність праці, гіподинамія, тощо. В статті досліджено основні параметри мікроклімату приміщень і шуму, наведено пропозиції по їх покращенню, що суттєво оздоровляє умови праці фахівців з ЕОМ.

Для оцінки стану виробничого середовища приміщень з ЕОМ проводилось дослідження основних параметрів мікроклімату: температури, відносної вологості та швидкості руху повітря, у різних за призначенням приміщенні

комп'ютерного залу ІЗНУ з використанням стандартної вимірювальної апаратури. Характеристика приміщення: загальна площа – 71,9 м²; загальний об'єм – 194,1 м³; кількість комп'ютерів – 12 шт.; кількість принтерів – 6 шт.; кількість робітників – 24 особи; площа на робітника – 5,99 м²; об'єм на робітника – 16,18 м³. Згідно загальних санітарних норм (НПАОП 0.00-1.28-10) в приміщеннях не повністю забезпечена необхідна площа на одне робоче місце (не менше 6 м²): в комп'ютерному залі ЗДІА 5,99 м², відповідно менше на 0,16%, а необхідний об'єм (не менше 20 м³) не виконується на 19% (16,18 м³). В цілому ускладнюється можливість підтримки необхідного мікроклімату. Результати виміру параметрів мікроклімату наведено у табл. 3.3

Аналіз одержаних даних свідчить про необхідність підвищення загальних санітарно-технічних вимог до повітря робочої зони. Для легкої категорії важкості праці і теплого періоду року оптимальні параметри мікроклімату складають: температура 22-24 °С [16], відносна вологість – 40-60 % [28]. Визначено перевищення температури на 5,4-6,4 °С, а відносній вологості на 8,0-12,4% [28]. Що стосується швидкості руху повітря, то за нормативної величини 0,2-0,5 м/с [16] суттєво пониження її значень було зафіксовано в комп'ютерному залі ЗДІА в 2 рази.

Таблиця 4.3 – Параметри клімату приміщення

Точки замірів	Час замірів	Температура за Цельсієм	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
1	Ранок	29,8	49	0,1
	День	28	66	0,1
	Вечір	30,8	48	0,1
2	Ранок	28,6	49	0,1
	День	27,4	64	0,1
	Вечір	31	46	0,1
3	Ранок	29,8	50	0,1

де t нормоване підвищення внутрішньої температури над її зовнішнім рівнем, °С;

- для нейтралізації виділень вологи G_W :

$$G_W = \frac{W}{d_d - d_n} \quad (3.5)$$

де d_d, d_n - вміст вологи внутрішнього та припливного повітря відповідно, кг/год.

Вибір кондиціонера здійснено за найбільшою розрахунковою величиною G_Q и G_W . Виконані розрахунки дозволили встановити, що необхідно додатково обладнати дисплейний зал ЗДІА двома автономними кондиціонерами типу «Mitsubishi Heavy SRK40HG-S».

Отже, результати досліджень мікроклімату робочої зони приміщення з відео- дисплейною технікою за умов комп'ютерного залу Інженерного навчально -наукового інституту ЗНУ показали необхідність підвищення загальних санітарно-технічних вимог до повітря робочої зони. Запропоновано додаткове оснащення приміщень сучасними кондиціонерами з визначеними параметрами. Комплексний підхід до вирішення існуючих проблем з покращенням параметрів мікроклімату приміщень дозволить суттєво підвищити продуктивність розумової праці при роботі на комп'ютерах, і покращити умови праці.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Запропоновано прилад для терапії дерматологічних захворювань, що представляє собою програмно-апаратний комплекс та об'єднує три методи терапевтичного впливу: лазерне, ультразвукове та ультрафіолетове випромінювання.
2. Розроблений прилад побудовано на основі мікроконтролера фірми Atmel серії AT91SAM. Напруга живлення -12 В. Вибір режиму роботи та управління параметрами кожного з режимів відбувається за допомогою тактових кнопок, що конструктивно виконані у вигляді джойстика.
3. Результати моделювання в програмному симуляторі MicroCAP та середовищі Electronics Workbench підтвердили працездатність приладу для комплексного лікування дерматологічних захворювань.

Прилад рекомендовано застосовувати в лікарнях, реабілітаційних центрах та інших закладах охорони здоров'я.

Література

1. Дащук АМ. Кожные болезни. Харьков: Основа; 2012.- 203 с.
2. Кацамбаса А.Д, Лотти Т.М. Европейское руководство по лечению дерматологических болезней: пер. с англ. 3-е изд. Москва: МЕДпресс-информ; 2014.- 736 с.
3. Кемпф В, Ханчке М, Кутцнер Х, Бургдорф В. Дерматопатология: руководство: пер. с нем. Москва: Медицинская литература; 2015. -304 с.
4. Степаненко В.І. Дерматологія, венерологія: підручник. Київ: КІМ; 2012. -902 с.
5. Хэбиф ТП. Кожные болезни. Диагностика и лечение: пер. с англ. 3-е изд. Москва: МЕДпресс-информ; 2007.- 671 с.
6. Степаненко В. І., Чоботарь А. І., Бондарь С. О. Дерматологія і венерологія: підручник. — Київ: ВСВ «Медицина», 2015. - 336 с.
7. Скрипкин Ю. К. Кожные и венерические болезни. Руководство для врачей. — М. : Медицина, 2002. — Т. 1. — 576 с.
8. Кауфман М. Практическое руководство по расчетам схем в электронике: Справочник. В 2-х т./ Кауфман М., Сидман А. – М.: Энергоатомиздат, - 1993г. – 368с.
9. Все про мікроконтролери AVR [Електронний ресурс]: https://elektrovesti.net/tools/483_vse-o-mikrokontrollerakh-avr Дата доступу: вер. 2021. – Назва з екрана.
10. Белов, А.В. Микроконтроллеры AVR: от азов программирования до создания практических устройств / А.В. Белов. - СПб: Наука и техника, 2016. - 544с.
11. Евстифеев, А.В. Микроконтроллеры AVR семейства Classic фирмы ATMEL / А.В. Евстифеев. - М.: ДМК, 2015. - 286 с.
12. Редькин, П.П. Микроконтроллеры Atmel архитектуры AVR32 семейства AT3 UC3 / П.П. Редькин. - М.: Техносфера, 2010. - 784 с.
13. Хартов, В.Я. Микроконтроллеры AVR. Практикум для начинающих: Учебное пособие / В.Я. Хартов. - М.: МГТУ им. Баумана, 2012. - 280 с.

14. Трамперт В. Измерение, управление и регулирование с помощью AVR-микроконтроллеров. Пер. с нем. – К.: «МК-Пресс», 2009. – 208 с.
15. Гліненко Л.К. Основи моделювання технічних систем: навчальний посібник [Текст] / Л.К. Гліненко, Г.С. Сухоносів. – Львів: Бескид Біт, 2003. – 176с.
16. Електроніка і мікросхемотехніка: Навчальний посібник для студентів вищ. закл. освіти, що навчаються за напрямками "Електромеханіка", "Електронні пристрої та системи", "Електротехніка та електротехнології": У 4-х т. / Сенько В.І., Панасенко М.В., Сенько Є.В., Юрченко М.М., Сенько Л.І., Ясінський В.В. -К.: Каравела, 2013. Т.4. Кн.1. Силова електроніка.– 640 с.
17. Електроніка та мікросхемотехніка [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів напряму підготовки 6.050702 «Електромеханіка» / А. А. Щерба, К. К. Победаш, В. А. Святненко: – Київ: НТУУ «КПІ», 2013. – 360 с. Режим доступу: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/3569>
18. Олейник В. П. Терапевтические аппараты и системы / В. П. Олейник. – Харьков : Нац. аэрокосмич. ун-т Харьк. авиац. ин-та, 2002. – 93 с.
19. Осипов Л. В. Ультразвуковые диагностические приборы / Л. В. Осипов. – М. : Видар, 1999. – 256 с.
20. Ремизов А. Н. Медицинская и биологическая физика / А. Н. Ремизов. – М. : Высш. школа, 1999. – 616 с.
21. Рыбакова М. К. Практическое руководство по ультразвуковой диагностике. Эхокардиография / М. К. Рыбакова, М. Н. Алехин, В. В. Митьков. – М. : Видар, 2008. – 512 с.
22. Основні рішення фізіотерапії [Електронний ресурс]: <https://www.btl.ua/products-essential-physiotherapy-solutions> Дата доступу: вер. 2021. – Назва з екрана.
23. Головка О.П. Техніко-економічне обґрунтування проектно-конструкторських робіт. Методичні вказівки до самостійної роботи

- та виконання дипломних і контрольних робіт для студентів спеціальності 7.0908.04 «Фізична і біомедична електроніка»/ Швець Є.Я., Головка О.П. - Запоріжжя: ЗДІА, - 2010. – 17с.
24. Жидецкий В.Ц. Основы охраны труда. Учебник/ Жидецкий В.Ц., Джигерей В.С., Мельников А.В. – Львов: Афиша. - 2001. – 352с.
25. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Класифікація: ГОСТ 12.0.003-74. – [Чинний від 1976-10-01]. – (ГОСТ (Міждержавний стандарт)).
26. Івах Р.М. Основи охорони праці [Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів] / Р.М.Івах, Я.І. Бедрій, Б.О. Білінський, М.М. Козяр. – К.: Кодар, 2010. – 462 с.
27. Практикум. Охрана труда / Ю.Ф. Булгаков, В.Л. Овчаренко; под общ. ред. Ю. Ф. Булгакова. – Донецк: ООО «Цифровая типография», 2017. – 180 с
28. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень: ДСН 3.3.6.042-99. — [Чинний від 1999-12-01]. – (ДСН (Державні санітарні норми)).
29. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів: НПАОП 40.1-1.21-98 (ДНАОП 0.00-1.21-98). — [Чинний від 1998-02-20]. – (НПАОП, ДНАОП (Державні Нормативні Акти з Охорони Праці)).
30. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. – [Чинний від 2017-01-01]. – (ДСТУ (Державний Стандарт України)).
31. Законодавство України [Електронний ресурс]: Про затвердження Правил пожежної безпеки... | від 30.12.2014 № 1417 (Сторінка 1 з 6) – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15>. - Дата доступу: вер. 2021. – Назва з екрана.

