

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи)

магістр

(освітній (освітньо-кваліфікаційний) рівень)

на тему:

**Метод та система динамічного ультрафіолетового
випромінювання при лікуванні псоріазу**

Виконав: студент (ка) 6 курсу, групи РБм-61

напряму підготовки (спеціальності) _____

163 «Біомедична інженерія»

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Столяр М.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Ткачук Р.А.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Дедів Л.Є.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Факультет Прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

Кафедра Біотехнічних систем

Освітньо-кваліфікаційний рівень Магістр

Напрямок підготовки - _____

(шифр і назва)

Спеціальність 163 Біомедична інженерія

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри біотехнічних систем

Яворська Є.Б.

« _____ »

2019 р.

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Столяр Максим Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Метод та система динамічного ультрафіолетового випромінювання при лікуванні псоріазу

Керівник проекту (роботи) Ткачук Р.А., д.т.н., проф.

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

Затверджені наказом по університету від «18» листопада 2019 року № 4/7-1041

2. Термін подання студентом проекту (роботи) _____

3. Вихідні дані до проекту (роботи) _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Спеціальна частина</i>	Яворська Є.Б., зав. каф. «Біотехнічні системи»		
<i>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях</i>	Осухівська Г.М., зав. каф. «Комп'ютерні системи та мережі»		
<i>Обг-ння економічної ефективності</i>	Клепчик В.М., ст. викл. каф. «Обладнання харчових технологій»		
<i>Екологія</i>	Зварич Н.В., доц. каф. «Обладнання харчових технологій»		

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
	<i>Отримання завдання</i>		
	<i>Спеціальна частина</i>		
	<i>Обґрунтування економічної ефективності</i>		
	<i>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях</i>		
	<i>Екологія</i>		
	<i>Оформлення пояснювальної записки</i>		
	<i>Оформлення графічної частини</i>		
	<i>Попередній захист</i>		
	<i>Захист</i>		

Студент

(підпис)

Столяр М.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Ткачук Р.А.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Метод та система динамічного ультрафіолетового випромінювання при лікуванні псоріазу. Магістерська робота. Столяр М.В. Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії, кафедра біотехнічних систем, група РБм-61 . Тернопіль.: ТНТУ, 2019.

Пояснювальна записка містить: 95 с. 8 рис., 1 табл., 1 дод..

Метою роботи є створення системи динамічного ультрафіолетового випромінювання та розробка тестового приладу та написання дієвого програмного забезпечення по заданій системі.

В магістерській роботі проведено аналіз систем автоматичного керування діодною матрицею при лікуванні псоріазу. Запропоновано метод для автоматичного вимкнення при певних налаштуваннях.

Ключові слова: діод, ультрафіолет, фотодіод, псоріаз, автоматичний, світлодіод, біооб'єкт

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. СИСТЕМИ ТА МЕТОДИ ЛІКУВАННЯ ПСОРИАЗУ.....	11
1.1 Сучасні уявлення про етіологію та патогенез псоріазу.....	11
1.2 Сучасні уявлення про лікування псоріазу.....	13
1.3 Огляд сучасного стану пристроїв опромінення.....	20
1.4 Висновки до першого розділу.....	28
РОЗДІЛ 2. ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ.....	30
2.1 Вбір математичної моделі.....	30
2.2 Методика розрахунку параметрів випромінювача.....	36
2.3 Визначення біодози для опромінення УФ.....	37
2.4 Моделювання енергетичних характеристик.....	40
2.5 Моделювання опромінення СВД матриці у пристроях медичного призначення.....	43
2.6 Висновки до другого розділу.....	44
РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВПЛИВУ УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО ОПРОМІНЕННЯ НА БІООБ'ЄКТ.....	46
3.1 Моделювання дії УФ випромінювання на шкіру людини.....	46
3.2 Моделювання структурної схеми та алгоритму роботи системи.....	49
3.3 Проектування системи на основі випромінювальних діодів.....	51
3.4 Автоматизована система динамічного опромінення шкіри людини.....	54
3.5 Висновки до третього розділу.....	59
РОЗДІЛ 4. ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.....	61
4.1. Визначення стадій технологічного процесу та загальної тривалості проведення науково-дослідних робіт.....	61
4.2. Визначення витрат на оплату праці та відрахувань на соціальні заходи...63	63
4.3. Розрахунок витрат на електроенергію.....	66
4.4 Розрахунок витрат на матеріали.....	66
4.5 Розрахунок суми амортизаційних відрахувань.....	67
4.6 Обчислення накладних витрат.....	68

4.7	Складання кошторису витрат та визначення собівартості науково-дослідних робіт.....	69
4.8	Розрахунок ціни науково-дослідних робіт.....	69
4.9	Визначення економічної ефективності і терміну окупності капітальних вкладень.....	70
4.10	Висновок до розділу 4.....	71
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ		72
5.1	Охорона праці.....	72
5.2	Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	75
РОЗДІЛ 6. ЕКОЛОГІЯ.....		83
6.1	Зв'язок між станом навколишнього середовища та здоров'ям людини...	83
6.2	Екологія та ультрафіолетове випромінювання.....	84
ВИСНОВОК.....		87
Список літератури.....		88
Додатки.....		93
Додаток А.....		94

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

УФ – ультрафіолет;

ВП – вульгарний псоріаз;

БО – біооб'єкт;

СВД – світлодіод;

ФП – фотоприймач.

Актуальність теми. Псоріаз – тривало існуюче запальне захворювання шкіри, що характеризується гіперпроліферацією епідермальних клітин, порушенням кератинізації, запаленням в дермі, патологічними змінами опорно-рухового апарату, внутрішніх органів і нервової системи. Псоріаз хворіють від 1 до 5% населення. Його частка серед амбулаторних хворих дерматологічного профілю становить близько 5%, а в структурі дерматологічної захворюваності - близько 40%. Особливістю сучасного періоду є наростання частоти важких, що призводять до інвалідності та смерті, форм хвороби, включаючи псоріатичну еритродермію, артропатичний псоріаз і його пустульозні форми [2].

Для лікування псоріазу застосовуються: фотохіміотерапія (ПУВА) - поєднання довгохвильового ультрафіолетового опромінення і фотосенсибілізатора всередину; селективна фототерапія - комбінація середньохвильового випромінювання (295-330 нм) і довгохвильового ультрафіолетового опромінення; вузько хвильова УФБ-терапія з піком емісії на довжині хвилі 311 нм. Фотоімунологічний ефект світлолікування обумовлений глибиною проникнення ультрафіолетових променів. УФБ-промені впливають в основному на епідермальні кератиноцити і клітини Лангерганса, а УФА-промені проникають в більш глибокі шари шкіри і впливають на дермальні фібробласти, дендритні клітини і клітини запального інфільтрату. Ультрафіолетові промені впливають на продукцію цитокінів, що володіють імуносупресивною дією, експресію молекул на клітинній поверхні і індукцію апоптозу клітин, чим, можливо, і пояснюється терапевтичний ефект ультрафіолетового випромінювання [3].

У стадії стабілізації і регресу псоріатичного процесу застосування середньохвильового ультрафіолетового опромінення сприяє утворенню в шкірі низькомолекулярних продуктів фотолізу білка і фоторадикалів, зокрема, продуктів перекисного окислення ліпідів, які активують систему мононуклеарних фагоцитів, викликають дегрануляцію лаброцитів і базофілів,

сприяють виділенню в шкірі і її судинах біологічно активних речовин і вазоактивних медіаторів [1].

Об'єкт дослідження. Метод та система динамічного ультрафіолетового випромінювання.

Предмет дослідження. Метод та система динамічного ультрафіолетового випромінювання при лікуванні псоріазу.

Метою роботи є створення системи динамічного ультрафіолетового випромінювання та розробка тестового приладу та написання дієвого програмного забезпечення по заданій системі.

Завдання роботи:

1. Дослідити ефективність ультрафіолетового випромінювання на БО при різних умовах.
2. Розробити математичну модель.
3. Розробити оптимальну модель опромінення БО ультрафіолетовим випромінюванням.
4. Розробити систему автоматичної роботи ультрафіолетової матриці.

Наукова новизна. Встановлено, що у хворих на середньо тяжкі форми псоріазу, які раніше отримували багато курсове лікування методом ПУВА-терапії, можлива ротація на метод УФВ-311 при збереженні високої ефективності лікування (82,8%). У хворих на середньотяжкі форми псоріазу при курсовій застосуванні вузько хвильової (311 нм) фототерапії зберігається його висока ефективність (83,69%), що дозволяє констатувати відсутність розвитку адаптації до даного методу лікування.

На підставі виявлення факторів ризику розвитку найближчих і віддалених побічних ефектів при курсовій застосуванні методів фототерапії та розроблено науково обґрунтовані критерії безпечного застосування ПУВА-терапії і вузько хвильової (311 нм) фототерапії.

Апробація результатів роботи.

Дані про результати дослідження були опубліковані у VIII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» що відбулась 27-28 листопада 2019 року.

Робота складається зі вступу, 6 розділів, висновку; містить 95 сторінок тексту, 8 рисунків, 1 таблиця, 1 додаток. Список джерел включає 35 найменувань літератури, 15 електронних публікацій.

РОЗДІЛ 1. СИСТЕМИ ТА МЕТОДИ ЛІКУВАННЯ ПСОРИАЗУ

1.1 Сучасні уявлення про етіологію і патогенез псоріазу

Етіологія і патогенез псоріазу (ВП) є предметом безупинних клініко-епідеміологічних і, на протязі останніх десятиліть, молекулярно-генетичних досліджень. Основна причина ВП - хронічного запального дерматозу з вираженою генною основою, при якому характерні величезні порушення розвитку і диференціювання шкіри, велика кількість біохімічних, імунологічних і судинних змін, а також поки ще недостатньо вивчена взаємозв'язок з функцією нервової системи - залишається невідомою [4].

На думку багатьох дослідників ВП ставився до захворювань, пов'язаних виключно з підвищеною проліферацією кератиноцитів, а запалення і інфільтрація шкіри імунними клітинами вважалися явищами другого плану. Однак сучасні дані вказують на те, що ВП є перш за все імуннозалежним захворюванням [5].

Важливу роль у розвитку ВП грає генетична схильність. У поєднанні з факторами зовнішнього середовища вона може провокувати автоімунні реакції [6].

Інтерес до генетичних факторів розвитку ВП допомагає оцінити успадковані біохімічні дефекти. Так, було встановлено генні зміни ліпідного і, в меншій мірі, вуглеводного обміну [7]. Виявлено, що метаболічні зміни і гіперліпідемію (підвищена кількість тригліцеридів, холестерину, ліпопротеїнів малої щільності) у хворих ВП знаходять з більшою частотою, ніж в порівнянні зі здоровими людьми. За допомогою імунофлюоресценції показано, що окислені ліпопротеїни малої щільності у збільшеній концентрації накопичуються в бляшках ВП [8]. Запропоновано гіпотезу про те, що в основі розвитку ВП лежать зміни метаболізму незамінних жирних кислот і ліпопротеїнів, а також гіперпродукція вільних радикалів і оксиду азоту, який бере участь в процесах кератинізації. Досить

численні публікації про судинні порушення у хворих на псоріаз [9].

Частка факторів зовнішнього середовища в розвитку ВП становить близько третини. Серед провокуючих чинників, що викликають перші маніфестні прояви, погіршення або рецидив ВП, найбільшу роль відіграють психічний стрес, куріння, алкоголь, механічні пошкодження, інфекції і різні лікарські засоби. Перелік таких медикаментів досить великий [10].

Склад мікрофлори шкіри хворих ВП і здорових осіб істотно різниться. Добре відомо, що стрептококові суперантигени здатні провокувати розвиток каплевидного ВП, що верифіковано результатами серологічних досліджень. Ризик розвитку каплевидного ВП проявляє високу ступінь асоціації з стрептоковою інфекцією і гостре екзантемне погіршення хронічного бляшкового ВП провокуються переважно стрептоковими інфекціями, які частіше виявляються у вигляді фарингіту [11].

Структурна спільність (наявність гомологів між протеїнами кератиноцитів і стрептококів) може служити поясненням того, що в рамках молекулярної мімікрії, спрямованої спочатку проти стрептококів, Т-клітинну відповідь вдруге веде до перехресно-реактивної відповіді проти епідермального аутоантигена і, таким чином, викликає аутоімунну відповідь [12].

Сучасна робоча концепція патогенезу ВП складається з декількох аспектів [13]:

- вроджена генетична аномалія кератиноцитів шкіри;
- внутрішньошкірна циркуляція аутореактивних Т-лімфоцитів;
- суперантигеном (грам-позитивна інфекція - стрептококи) активація Т-лімфоцитів (черезшкірний лімфоцито-асоційований антиген (CLA) і моноцитарно-макрофагальних систем з вивільненням IL-1, INF - γ , синтезом молекул ICAM-1 на ендотелії судин;
- синтез IL-12 з розвитком Th1-цитокінової реакції;
- активація кератиноцитів з синтезом на їх поверхні молекул HLA;
- посилення запальної реакції через IL-8 з посиленням проліферації

кератиноцитів;

- розпізнавання аутореактивними Т-лімфоцитами аутоантигенів на кератиноцитах за участю молекул HLA-комплексу з втратою імунної толерантності;

- відсутність механізмів зворотного регуляції і персистенція аутоантигена, що обумовлює синхронізацію, прогресивність і рецидивуючий перебіг.

Таким чином, вульгарний псоріаз - це хронічний, генно визначальний автоімунний поліетіологічний запальний процес при якому відбуваються зміни шкірного розростання клітин, що відбувається через внутрішні і зовнішні чинники і виявляється еритематозно-лускатими складовими, вузлами і бляшками.

Хоча протягом багатьох десятиліть вивчаються клітинні та молекулярні механізми ВП, до остаточного розуміння етіології і патогенезу цього захворювання ще далеко. Проте, з'ясування ролі клітин імунної системи та цитокінів, ними продукованих, в патогенезі ВП дозволило за допомогою методів молекулярної імунології створити ряд ефективних лікувальних препаратів. Поки неясні механізми запуску захворювання, але лікарі вже сьогодні можуть істотно допомогти хворим людям. Ідентифікація причинного фактора в майбутньому, можливо, дозволить домогтися повної перемоги над псоріаз [14].

Перспективними напрямками у вивченні патогенезу ВП є дослідження структури кератиноцитів і шляхів їх активації, пошук нових генів сприйнятливості псоріазу та їх фенотипів, розробка методів знищення активованих Т-лімфоцитів, блокування медіаторів запалення, блокада запальних цитокінів і придушення ангіогенезу [13].

1.2 Сучасні уявлення про лікування псоріазу

Для лікування ВП є широкий спектр місцевих і системних

терапевтичних засобів. Більшість їх є імуномодулюючими. При виборі терапевтичного режиму важливо зіставити ступінь поширеності та тяжкості ВП з тим, як сам пацієнт сприймає своє захворювання. Оскільки ВП є хронічним захворюванням, необхідно пам'ятати про безпеку під час тривалого лікування. У більшості терапевтичних схем тривалість лікування обмежена з урахуванням кумулятивної токсичності, а в деяких випадках ефективність лікування може з часом знижуватися (тахіфілаксія). Деякі препарати, наприклад, кальципотріол, метотрексат і ацитретин, вважаються придатними для тривалого застосування. Такі методи лікування тривало зберігають ефективність і мають низький потенціал кумулятивної токсичності. І навпаки, місцеві кортикостероїди, дитранол, дьоготь, фотохіміотерапія і циклоспорин не показані для тривалого лікування, для їх застосування пропонуються комбіновані або ротаційні схеми [15]. У пацієнтів зі стабільним хронічним бляшковим ВП, які добре реагують на місцеву терапію, змін у схемі лікування може і не знадобитися [4].

У більшості випадків ВП використовується місцеве лікування, що нерідко виявляється занадто тривалим і косметично неприйнятним, тому до 40% пацієнтів не дотримуються режиму лікування [21]. Місцеві кортикостероїди є препаратами першого вибору при легкому і помірному ВП, а також в таких областях, як згинальні поверхні і геніталії. Тахіфілаксія до лікування місцевими кортикостероїдами - добре відоме при ВП явище [4]. Тривале застосування місцевих кортикостероїдів може призвести до утворення стрий і зниження функціональності надниркових залоз.

Вітамін D3 і його аналоги регулюють ріст, диференціювання і імунну функцію клітин, а також метаболізм кальцію і фосфору. Ефективність кальципотрієна при тривалому лікуванні ВП не знижується [22].

При поширених і важких формах псоріазу показані системні препарати [4].

Імунозапальні аспекти патогенезу ВП і дослідження їх молекулярно-клітинних механізмів призвели до створення принципово нових лікарських

засобів: антитіл, розчинних рецепторів або фузійних молекул, селективно, але тимчасово блокуючих маркери запальної реакції [23].

В даний час ВП є найчастішим показанням для призначення фототерапії. Термін «фототерапія» передбачає терапевтичне використання ультрафіолету без застосування фотосенсибілізуючих засобів, в той час як фотохіміотерапія є комбіноване застосування хімічної фотосенсибілізатора (псоралена і ін.) і УФА (ПУВА-терапія) [17].

Цілющі властивості сонячного світла відомі ще з часів Гіппократа. Найбільш активною частиною сонячних променів є ультрафіолетове випромінювання, спектр якого поділяють на три діапазони: короткохвильовий (діапазон УФС, довжини хвиль 100-280 нм), середньохвильовий (діапазон УФВ, довжини хвиль 280- 320 нм) і довгохвильовий (діапазон УФА, довжини хвиль 320 -400 нм). Зі створенням штучних джерел світла з'явилася можливість дозованого використання з лікувальною метою ультрафіолетового випромінювання, що лягло в основу створення різних методів фототерапії. У дерматологічній практиці використовуються, головним чином, діапазони УФВ і УФА. Кожен з них має деякі особливості фотобіологічні дії. УФВ-промені проникають в шкіру неглибоко і впливають головним чином на епідермальні структури: кератиноцити, клітини Лангерганса, меланоцити та ін. УФА-промені досягають сосочкового шару дерми і поверхневого судинного сплетення, діючи на дендритні клітини, ендотеліоцити, дермальні фібробласти і клітини запального інфільтрату (Т-лімфоцити, тучні клітини, гранулоцити).

При лікуванні хворих ВП найбільш зарекомендували себе методи середньохвильової УФВ-терапії (селективна фототерапія; вузькополосна фототерапія 311 нм; терапія ультрафіолетовим ексимерним світлом) і методи ПУВА-терапії (ПУВА-терапія з внутрішнім або зовнішнім застосуванням фотосенсибілізаторів; ПУВА-ванни). В останні роки накопичені нові дані про ефективність, механізми дії і побічні ефекти фототерапії [16].

Методи ПУВА-терапії (фотохіміотерапія) засновані на комбінованому застосуванні псораленового фотосенсибілізатора (фурокумаринів) і довгохвильового УФА-випромінювання (довжини хвиль 320-400 нм). Перші дослідження ефективності ПУВА-терапії були проведені в 1974 р і в подальшому були підтверджені численними дослідженнями в різних країнах. В даний час ПУВА-терапія являється методикою для ви здоровлення з досить високою ефективністю поширених і важких форм псоріазу. Досить сказати, що вона призводить до клінічного розв'язання або значного поліпшення у 70-95% хворих [4]. Фотохімічні реакції призводять до порушення експресії цитокінів та їх рецепторів в шкірі, зниження проліферативної активності та нормалізації кератинізації епідермальних клітин, стимуляції апоптозу лімфоцитів і кератиноцитів [10].

Однак при ПУВА-терапії приблизно у 10% хворих можуть спостерігатися такі побічні ефекти, як фототоксичні реакції (еритема, набряк, пухирі, свербіж) та гіперпігментація епідермісу. Інтенсивність еритеми залежить від дози фотосенсибілізатора і ультрафіолетового випромінювання, індивідуальної чутливості шкіри. Вона виникає через 24-36 ч. Після опромінення, досягає піка через 72-96 ч. І може зберігатися більше 7 днів. Еритема є найважливішим параметром для визначення і коректування дози УФА-опромінення [4].

Головною проблемою, що обмежує широке застосування ПУВА-терапії, є ризик канцерогенної дії, зростаючого в міру збільшення кумулятивної дози опромінення і курсової кількості процедур. Необхідно також враховувати, що багато хворих до початку застосування ПУВА-терапії часто загоряли на сонці або лікувалися потенційно канцерогенними антиметаболічними препаратами. Ризик розвитку немеланомного раку шкіри зростає при додатковому лікуванні великими дозами УФВ-випромінювання [24].

Одним з високоефективних способів пониження канцерогенного ризику ПУВА-терапії є комбіноване її застосування з синтетичними

ретиноїдами (РеПУВА-терапія), що дозволяє швидше домогтися ремісії і знизити курсову кількість процедур і кумулятивну дозу опромінення, або з іншими системними (гемодез, есенціале, вітаміни, глюконат кальцію і ін.) і топічними (кальципотриол, саліцилова мазь, препарати дьогтю, антралін) лікувальними засобами. Зовнішнє застосування фотосенсибілізаторів у вигляді ПУВА-ванн призводить до зменшення дози УФ-випромінювання [4].

Методи середньохвильової ультрафіолетової терапії дають менш виражений терапевтичний ефект у порівнянні з ПУВА-терапією [4], але в той же час мають меншу кількість протипоказань, оскільки не вимагають використання фотосенсибілізаторів [17]. Вони призначаються при лікуванні середньо, рідше - важких форм псоріазу і не показані при еритродермії, генералізованим при пустульозному псоріазі. Хоча у них є певні ризики, одним із них можна вважати небезпеку розвитку онкології шкіри як пацієнта, так і людини, що буде працювати за даним пристроєм. Адже при тривалому впливі великих доз УФВ можуть наступити серйозні поразки шкіри. Зокрема, це може призвести до розвитку раку шкіри. Проте не лише загрозами шкірі може бути ультрафіолетове випромінювання. Надмірна дія УФ-випромінювання загрожує також і зору людини, розвиток таких небезпечних хвороб як катаракта і навіть онкологічне ураження рогівки очей цілком можливе при надмірній дії ультрафіолету. І без необхідного захисту шанс отримати таку неприємну хворобу буде тільки збільшуватись. Прикладом можна навести мінімальний захист органів зору людини, завдяки чому в разі може зменшитись шанс подібних захворювань, або і взагалі звести його до 0, у випадку якісного захисту очей і хвороб, що будуть вражати органи зору. Проте особливо вразливі до шкідливого впливу УФ-випромінювання діти і підлітки. У них шкіра дуже чутлива, і надмірне перебування дитини на сонці може призвести до розвитку раку шкіри в дорослому віці. Але вплив від даних проблем можна знизити у разі, завдяки більш низьким кумулятивним дозам знижується ризик

онкогенезу [4].

Основними ранніми побічними ефектами середньохвильової УФВ-терапії є еритема, свербіж та сухість, а також пігментація (засмага). Зазвичай небажані явища носять тимчасовий характер і вирішуються після зменшення дози опромінення. Еритема розвивається в 10-35% випадків протягом 24 год. Після процедури. Розвиток еритеми частіше спостерігається в фоточутливих областях: на повіках, вушних раковинах, губах, сосках, в підколінних ямках і на ліктьових згинах. Пігментація шкіри в процесі фототерапії може розвиватися без попереднього появи еритеми і зберігатися від кількох тижнів до кількох місяців. Для корекції вторинного ксероза, який є частим супутником УФВ-терапії [18] рекомендується використання емолієнтів, які оновлюють шар епідермальних ліпідів, пом'якшують шкіру, знижують її лущення і позбавляють від сверблячки і роздратування.

Довгий час одним з головних методик фототерапії хворих ВП була середньохвильова широкосмугова (селективна) ультрафіолетова терапія (довжини хвиль 280-320 нм). Методика виявився досить ефективним і мав різноманітне застосування в клінічній практиці [17]. Надалі було показано, що при лікуванні хворих ВП середньохвильове вузькосмугове (311-313 нм) УФВ-випромінювання дає більш значущий клінічний ефект, ніж широкосмугове [116]. З урахуванням цих даних фірма «Філіпс» (Нідерланди) розробила УФ-лампи, що випромінюють в діапазоні хвиль 310-315 нм, з максимальною емісією на довжині хвилі 311 нм. Новий вид лікування отримав назву середньохвильової вузькосмугової УФВ-терапії 311 нм (Narrowband UVB-therapy 311 nm). Наукові праці останніх років показали, що вузькосмугова (311 нм) УФВ фототерапія (УФВ 311 нм) має вищу терапевтичну активність в порівнянні з широкосмугового при мінімальній еритемі і порівнянна за результатами з ПУВА-терапією [10].

УФВ-випромінювання 311 нм у порівнянні з ПУВА і селективної фототерапією дає менше побічних ефектів (еритема, набряк, гіперплазія,

пігментація, виснаження клітин Лангерганса і ін.). Завдяки більш низьким кумулятивним дозам знижується ризик онкогенезу [19]. На відміну від ПУВА УФВ 311нм не вимагає використання фотосенсибілізаторів і не викликає властивих їм побічних явищ. Є можливість її використання при наявності спільної соматичної патології та протипоказань до ПУВА-терапії, а також у пацієнтів, які не досягли 16-річного віку.

В даний час вузькосмугова (311 нм) УФВ фототерапія (УФВ 311 нм) займає провідне положення серед фізіотерапевтичних методів лікування ВП [25], так як дозволяє досягти імуносупресивної і протизапального ефекту при мінімальному ушкоджувальному впливі на тканини з найкращим співвідношенням ризик / користь. В Європі УФ-В випромінювання 311 нм майже замінило широкосмугове [10].

Незважаючи на великий досвід застосування УФВ 311 нм при ВП, за кордоном механізм її дії ще й досі не з'ясовано остаточно і вимагає більш глибокого детального аналізу з урахуванням фенотипічних особливостей клітин запального інфільтрату. Внаслідок обмеженого проникнення в шкіру прямі ефекти УФ-В випромінювання 311 нм обмежені головним чином клітинами епідермісу і сосочкового шару дерми і пов'язані з епідермальним зменшенням кількості клітин Лангерганса і Т-лімфоцитів [19].

Дані щодо системного або локального дії УФВ-випромінювання 311 нм суперечливі. Одні автори при вивченні УФВ-випромінювання 311 нм в терапії ВП вказують на відсутність системної імуносупресії і локальний механізм дії даного випромінювання, інші наполягають на комбінації локального і системного ефекту вузькосмугового УФВ-випромінювання.

Терапевтична дія УФВ-випромінювання 311 нм направлено локально на запальний інфільтрат в дермі, в тому числі і на популяцію антигенпрезентуючих клітин. Відомо, що використання УФВ-випромінювання 311 нм призводить до транзиторної імуносупресії і є досить ефективним методом лікування ВП. Механізми локальної імуносупресії при його використанні не повністю зрозумілі [12].

Застосування еритемогенної стратегії УФВ 311 нм підвищує ефективність лікування ВП з відновленням морфологічної структури і макрофагального балансу. Показано підвищення ефективності комбінованого застосування УФВ 311 нм і емолієнтів. Комбіноване використання терапії стандартної і УФВ 311 нм достовірно знижує рівень експресії CD68 + макрофагів в запальному інфільтраті шкіри при ВП у порівнянні з групою хворих, яким було призначено тільки стандартне лікування [20]. При вирішенні елементів лікування або припиняють, або переводять пацієнтів на підтримуючу терапію протягом 1-2 місяців. У цей період частоту сеансів УФВ 311 нм зменшують, зберігаючи дозу, яку використовували на момент вирішення джерела [4].

Таким чином, вузькосмугова (311 нм) УФВ фототерапія займає провідне місце серед фізіотерапевтичних методів лікування псоріазу за кордоном [16], дозволяє досягти імуносупресивної і протизапального ефекту при мінімальному ушкоджувальному впливі на тканини і найкращим співвідношенням ризик / користь. Механізм її дії до сих пір не з'ясовано остаточно і вимагає більш глибокого детального аналізу з урахуванням фенотипічних особливостей клітин запального інфільтрату [19, 20].

1.3 Огляду сучасного стану пристроїв опромінення

Сучасні прилади та системи для лікування псоріазу мають велику кількість різноманітних форм та методів впливу на БО. Також вони різняться за системою впливу і різницею у джерелі випромінювання та типу УФ, яким опромінюються хворі, від 280 нм до 400 нм, і кожен з них має свій вплив на якість лікування. А також для кожного виду хвороби може підходити один метод та бути цілком непотрібним інший метод, якщо звісно він навпаки не завдасть ще більшої шкоди пацієнту. І для кожного з подібних методів розроблялись свої прилади для лікування.

Перше про що необхідно згадати є УФ та кварцеві лампи. Завдяки УФ випромінюванню епідерміс пацієнта проходить очищення та відновлення. Лікування з використанням ультрафіолетових та кварцових освітлювальних приладів переважає над старими аналогами:

- висока ефективність лікувальних функцій;
- швидка дія подібних засобів лікування, ефект від опромінення помітний вже через декілька процедур;
- безпечність і висока переносимість процедури;
- ремісія, яка відбувається після проведення всього курсу необхідних хворому процедур;
- при проходженні процедур немає необхідності постійного перебування в лікарні;
- відсутність відчуття дискомфорту для хворого при проходженні процедури;
- відсутність звикання організмом до даного виду лікування, незважаючи на частоту використання.

Про те є і деякі негативні ефекти даного виду лікування при наявності у хворих псоріазу наприклад наявність деякої кількості протипоказань, що можуть негативно повпливати при проведенні процедур і які необхідно брати до уваги при визначенні типу лікування. Також неприпустимо використовувати даний тип лікування до вагітних жінок та жінок, які знаходяться в періоді грудного вигодовування або ж до пацієнтів, чутливість шкіри яких не переносить будь який контакт з УФ випромінюванням [26]. Також при використанні даного методу не завжди можна обрати потрібну довжину хвилі і взагалі напрям випромінювання, так як деякі лампи опромінюють велику площу, не зважаючи на те, чи це здорова шкіра, чи ні.

Прикладом, де джерелом випромінювання виступає ультрафіолетова лампа, можна представити прилад «Уфит-В». Даний прилад використовується для лікування не лише псоріазу, а й багатьох інших

хвороб. Для нашого ж випадку він застосовується з наступним порядком. Відстань до шкіри при проходженні процедури - 2-3см. Час проходження початкової процедури 45-60 секунд для кожної з опромінюваних областей. Час опромінення для подальших процедур буде збільшуватись на - 20-30%, у порівнянні з процедурою, що відбувалась перед нею. Опромінення може проводитись не більше 3-4 хвилин для кожної з опромінюваних областей. Повний курс становить близько місяця, у запущених випадках це число може змінюватись у більший бік. За тиждень дозволяється опромінювати до 5 раз. Технічні характеристики ж у нього наступні:

- Напруга , В – 220;
- Частота, Гц – 50;
- Сила струму, А - 0,3;
- Довжина хвилі, nm: - 311;
- Величина опромінення на відстані 2 см від апарату, Вт / м² – 20;
- Робота до виведення з ладу – 2000 год.

Як видно, довжина хвилі у даних та інших сучасних приладів часто налаштовується на 311 нм, проте область випромінювання у даних приладів є надзвичайно великою і контролю в процедурі часто немає, тому опромінення часто потрапляє і на цілком здорові ділянки шкіри людини, що може бути не надто хорошим знаком для подальшого використання даного методу [27]. В даному випадку використовується вузько смугова УФВ терапія.

Наступним можна вважати використання для терапії УФА випромінювання, що являється випромінюванням у межах 320-400 нм, а саме метод ПУВА. З того видно, ПУВА терапія являється однією з недефективних методик по фізіотерапевтичному ефекту у патологій, що можуть ушкоджувати різноманітні шари епідермісу. Та в цьому вплив УФ випромінюванням використовується для активування фотоактивних препаратів.

Незвична назва доволі просто і зрозуміло пояснюється. Аббревіатура

«ПУВА» ділиться на 3 частини. Тут П – це фотоактивний засіб псоларен, дві літери УВ означають ультрафіолетове випромінювання, і нарешті літера А означає належність випромінювання до УФА хвильового діапазону, тобто довжина хвилі від 320 до 400 нм.

Використання лише псоларену буде недостатньо для пошуку позитивних результатів на шкірі пацієнта. Так як щоб активувати фотосенсибілізатори потрібно обов'язково піддати їх опроміненню. У нашому разі це є ультрафіолетове опромінення від 320 до 420 нм.

Завдяки ультрафіолетовому опроміненню фотосенсибілізатори вступають у взаємовплив з молекулами ДНК епідермального шару шкіри, і результатом стає те, що синтезування ДНК на тих ділянках йде на спад. Подібним чином даний метод лише міняє структуру клітин, що отримали пошкодження, але їх функціонал залишається таким, який і був раніше. Поява перехресних зв'язків псоларенів і ДНК, виконуючи функцію зниження виробництва різноманітних білків та нуклеїнових кислот, разом з тим допомагає уповільнити ріст клітин патологічного характеру, і це означає, що наступний розвиток захворювання теж уповільнюється.

При дії фотосенсибілізаторів трапляється таке, що утворюються активні форми кисню, що пошкоджують мембрани клітин і починають стимулювати обмінні процеси речовин де бере участь арахідонова кислота. Також вони долучаються до хімічних реакцій, які спрямовані для придушення надлишкових кератинізуючих процесів, і результатом є спад запальних процесів, зменшення свербіжу та лущення, а шкіра повертає свій початковий вигляд[28, 29].

Техніка проведення процедури буде трохи відрізнятися в залежності від виду ПУВА-терапії.

Системність даної процедури облаштовується завдяки прийому псоларенів всередину за 2-3 години перед тим, як почати процедуру. Опромінюється повністю тіло хворого. Час проходження сеансу цілком має можливість мінятися (3-20 хв). Починають проходження процедури

мінімальним терміном, та постійно підвищуючи тривалість до кінця курсу.

Перед початком сеансу у ванну поміщають 50 мг фотосенсибілізатора. Пацієнт занурюється у таку ванну на чверть години, і опісля починають сеанс опромінення ультрафіолетом. Повний курс частіше всього буде орієнтований на 15 – 40 сеансів.

Дозу ультрафіолету можна налаштовувати від мінімального (10 – 20 Дж/см²), середньої (50 – 60 Дж/см²) і максимального (130 Дж/см²). Та звично лікарі намагаються задіяти абсолютний мінімум опромінення та можуть почати з дози в 1,5 – 2 Дж/см² [30].

Приладом для даного методу можна вважати «UV 1000 KL». Напряга живлення: 1 фазну, 220 В, 50 Гц. Потужність: 3,0 кВт. Струм: 10 А. Кабіна випускається в п'яти варіантах в наступній комплектації:

- 26 о.п.F85 / 100 W – PUVA (ПУВА (фотохіміотерапія))
- 26 о.п.F85 / 100 W - UV6 (широкосмугова середньохвильова фототерапія)
- 26 о.п.F85 / 100 W - UV01 (TL01) (УФБ вузького спектра 311 нм)
- 20 о.п.F85 / 100 W - PUVA (ПУВА (фотохіміотерапія)) + 6 ламп
- 26 о.п.F85 / 100 W - UV21 (широкосмугова середньохвильова фототерапія)
- 16 о.п.F85 / 100 W - PUVA (ПУВА (фотохіміотерапія)) + 10 о.п.F85 / 100 W - UV01 (TL01) (УФБ вузького спектра 311 нм)

УФ кабіна UV 1000 KL призначена для застосування методу лікування з ультрафіолетовим випромінюванням в довгохвильовому і середньохвильовому спектрах.

Так звані UVB лампи випромінюють в діапазоні між 285 нм і 350 нм, максимум 310 нм, UVA лампи мають довжину хвилі 315 нм - 400 нм, максимум 355 нм - 365 нм; UVB лампи вузького спектра - між 310 і 315 нм, максимум - 311 нм. Можлива терапія з використанням фотосенсибілізаторов в формі часткових ванн тіла (PUVA ванна).

Кабіна обладнана 26 флуоресцентними лампами (ртутні, низького

тиску), кожна потужністю 100 Вт. Флуоресцентні лампи низького тиску вважаються найефективнішими і доступними за ціною лампами. Вбудовані, малошумливі тангенціальні вентилятори охолоджують флуоресцентні лампи, що гарантують оптимальний рівень опромінення.

Кабіна, в залежності від типу встановлених ультрафіолетових ламп, призначена для лікування захворювань шкіри, що локалізуються на шкірі тулуба, верхніх і нижніх кінцівках і волосистої частини голови при псоріазі, себореї, atopічний дерматит (нейродерміт), червоному плоскому лишайі, лімфомах шкіри, вітіліго, склеродермії та інших хворобах. Залежно від комплектації (встановлених в кабінку ламп) фототерапія проводиться за такими методиками:

1. Фотохіміотерапія

Фотохіміотерапія заснована на одночасному застосуванні фотосенсибілізаторів і довгохвильових ультрафіолетових променів (УФА). Як фотосенсибілізатора застосовуються препарати, що призначаються за 1 годину (оксорален-ультра) або за 2 години (аммифурин, метоксален) до опромінення. При проведенні лікування контроль ефективності проводиться за динамікою шкірного процесу і зміни дози УФА променів. Лікування зазвичай починають з дози УФА рівною 0,5 -1,0 Дж / кв.см. Фотохіміотерапія проводиться за методикою 3 або 4 опромінь в тиждень. При методиці 3-разових опромінь на тиждень процедури проводяться через день на 0,5-1,0 Дж / кв. см більше, ніж попередня процедура. При методиці 4-разових опромінь 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, вітіліго, лімфомах, парапсоріазом, іхтіозі, бляшкової склеродермії, облісінні.

2. Широкопсмугова середньохвильова фототерапія

Широкопсмугова середньохвильова фототерапія - метод лікування, при якому використовуються середньохвильові (УФБ) 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 здійснюється, 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, атопічний дерматит, червоному плоскому лишайі.

3. Фототерапія УФБ променями вузького спектра (311 нм)

При проведенні лікування дозування ультрафіолетового випромінювання проводиться по вимірюванню УФБ променів вузького спектра (311 нм). 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.

Комбінована фототерапія:

1. Середньохвильові промені в діапазоні 285-350 нм (лампи для широкопсмугового середньохвильової фототерапії) комбінують з довгохвильовими промені (УФА) в діапазоні 320-400 нм (макс. 365 нм)

2. Середньохвильові промені в діапазоні УФБ (311 нм) комбінують з довгохвильовими променями (УФА) в діапазоні 320-400 нм (макс. 365 нм) [31].

Даний прилад хоч і є мультифункціональним, проте занадто

громіздкий. Та і опромінення у ньому не направлене, а розсіяне по всьому тілу людини, і не важливо здорова там шкіра чи ні.

Проте останнім часом як звичайні СВД повсюдно приходять на зміну лампам розжарювання, ультрафіолетові СВД активно завойовують ті ніші, де не так давно використовувалися люмінесцентні та газорозрядні УФ-лампи: медицину, косметологію, очисні споруди для води, судово-медичні кабінети і так далі. І тому в нашому випадку теж є можливість і перспектива у заміні УФ-ламп на ультрафіолетові СВД. [32].

Отож питання що краще, УФ-лампи, чи ультрафіолетові діоди? Для правильного вибору необхідно оцінити технічні характеристики і параметри обох приладів.

По термін роботи діоди розраховані в ідеальних умовах на 50000 годин роботи, в реальних - 30-35 тисяч годин, що відповідає 4 років безперервної роботи.

Термін служби ультрафіолетових ламп становить всього 3000 годин, тобто всього на 10 місяців роботи. Але не це найгірше - кожні 3-4 місяці їх треба міняти, занадто швидко відбувається процес старіння, і джерела перестають працювати в повну потужність. Діоди не старіють з часом - після закінчення ресурсу вони просто перегорають.

Потужність СВД відрізняється в десятки разів

Ще один плюс на користь діодів, яка не містить ртуті. Після закінчення роботи їх просто викидають, тоді як люмінесцентну лампу потрібно утилізувати в спеціальному порядку. При пошкодженні корпусу назовні витікає ртуть, а це при великій концентрації просто катастрофа для планети [33].

Також діоди мають набагато менші габарити, у порівнянні з лампами, а тому прилади, які будуть використовувати діоди, та які будуть використовувати лампи будуть відрізнятись не лише за розмірами, але і за своєю вагою.

Великою перевагою можна вважати і різноманітність у діодів кута

випромінювання. Він може становити від розсіяного світла при 144° кута випромінювання, при якому з достатньої відстані можна опромінювати доволі великі ділянки шкіри, які уражені хворобою, так і можна вибрати діоди з кутом розсіяння в 5° , а у цьому ж випадку вже можливе точкове опромінення вражених хворобою ділянок шкіри з мінімальним впливом на здорові ділянки. А на відміну від ультрафіолетової лампи, яка випромінює повсюди навколо, і не лише на джерело опромінення, але і в протилежний бік, що є повністю марним використанням ресурсу, та і направляти випромінювання можливо лише за допомогою додаткових кожухів різноманітних форм.

Та й у ціновій політиці на сьогодні ультрафіолетові діоди стали дешевшими за УФ-лампи. А при довготривалому використанні різниця у цінах постає у даному питанні набагато гостріше, так як заміна ламп відбувається набагато частіше ніж діодів, тому для приладів, які будуть часто використовуватись ультрафіолетові СВД підходять набагато краще, ніж УФ-лампи.

Тепер зрозуміло, чим відрізняється УФ лампа від СВД, хоча ідеальним ні той, ні інший варіант назвати не можна. Проте у сучасності набагато ефективнішим будуть звісно ж ультрафіолетові СВД.

1.4 Висновки до першого розділу

В першому розділі я провів дослідження псоріазу. Визначив що це за хвороба, її етіологію і патогенез. Визначив методи, завдяки яким сьогодні здійснюють лікувальні та профілактичні дії пов'язані з цією хворобою.

Також я провів аналіз різноманітних методик по опромінюванню шкіри ультрафіолетом, я встановив, що до сучасних вимог велика кількість приладів, які використовують сьогодні просто не можуть дотягнути. Було проведено аналіз типів пристроїв опромінення ультрафіолетом і їхні переваги, недоліки та режими роботи. А також складові частини даних приладів.

Було переглянуто різноманітні види використання даних приладів і різноманітні режими по роботі. Типи приладів по видах опромінення.

Було визначено, що на сьогодні найефективнішими можна вважати СВД, які завдяки різноманітним чинникам показують, що їх використання буде кращим, завдяки можливості їхньої направленості світлового потоку, їхній можливості підключення до різноманітним мікропроцесорів і у зв'язку з фотоприймачами їхня керованість та можливість встановити динамічний процес опромінення ультрафіолетом.

РОЗДІЛ 2. ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ

2.1 Вибір математичної моделі

Людський епідерміс складається з великої кількості шарів, а також має велику кількість кровоносних судин, з постійним кровообігом. Також на поширення ультрафіолетового випромінювання в біооб'єкті впливає колір шкіри і наявність і густота волосяного покриву. По цих причинах набагато сильніше ускладнюється дослідити те, що трапляється під час взаємодії епідермісу з оптичним випромінюванням. Під час опису кожного з даних процесів можна використовувати велику кількість математичних та фізичних моделей і всі вони можуть бути використані для описання різноманітних випадків.

Математично описати характеристики поглинання та розсіювання випромінювання можна провести двома різними способами – при допомозі аналітичної теорії, що в своїй основі має рівняння Максвелла, з допомоги теорії переносу. Якщо використовувати аналітичну теорію, то вона має обмеження у складності отримання великої точності аналітичних рішень. Теорія переносу пояснює взаємовплив опромінювання з біооб'єктом, а при розгляді переносу фотонів між різноманітні середовища, з певними поглинальними та розсіювальними властивостями, не використовуючи рівняння Максвелла. Незважаючи на те, що в даному випадку замало строгості іншої теорії, проте за допомогою експериментів було доведено, що це прогнозування вистачає [35].

Головне рівняння в основі з теорією переносу випромінювання буде виглядати так:

$$\frac{\partial I(\bar{r}, \acute{s})}{\partial s} = -\mu_t I(\bar{r}, \acute{s}) + \frac{\mu_s}{4\pi} \int I(\bar{r}, \acute{s}) p(s, \acute{s}) d\omega' + S(\bar{r}, \acute{s}), \quad (2.1)$$

де $\mu_t = \mu_a + \mu_s$ – повний коефіцієнт затухання; μ_a – коефіцієнт поглинання; μ_s – коефіцієнт розсіювання; $p(s, \acute{s})$ – фазова функція або

функція розсіювання; $S(\vec{r}, \hat{s})$ – функція джерел; $d\omega'$ – елемент тілесного кута уздовж напрямку одиничного вектора s [35].

Для створення моделі поширення ультрафіолетового опромінення в біооб'єктах зазвичай використовують методики, що мають в основі рівняння переносу енергії: теорію Кубелки–Мунка, дифузійне наближення та метод Монте-Карло [34].

Теорія Кубелки–Мунка

Кубелка і Мунк встановили про відношення коефіцієнтів пропускання та поглинання. Це відношення ми знаємо як теорію Кубелки–Мунки. Дана теорія має в основі рівняння переносу опромінення для опису розповсюдження опромінення в дифузному середовищі розсіяння, застосовуючи 2 параметра: розсіювальний коефіцієнт μ_s та поглинальний коефіцієнт μ_a . Метод має в основі те, що інтенсивність випромінювання в середовищі являється дифузним. Всередині біологічного середовища дифузне випромінювання може розділитись на декілька потоків, що розповсюджуються в протилежних напрямках, і може бути представлено виглядом двох диф. рівнянь:

$$\frac{\partial L_1}{\partial z} = -S_{\text{KM}}L_1 - A_{\text{KM}}L_1 + S_{\text{KM}}L_2; \quad (2.2)$$

$$\frac{\partial L_2}{\partial z} = -S_{\text{KM}}L_2 - A_{\text{KM}}L_2 + S_{\text{KM}}L_1, \quad (2.3)$$

де A_{KM} та S_{KM} – поглинаючі та розсіювальні коефіцієнти Кубелки–Мунка дифузійного випромінювання, відповідно; z – визначає середній напрямок падаючого випромінювання [35].

Дана теорія дає змогу провести просте і добротне дослідження спектральної властивості епідермісу людини, про те і в неї є певні мінуси. У ній немає придатності для випадків, якщо розсіюється значно сильніше ніж поглинається [34].

Теорія дифузії

Через доволі складну будову біологічних тканин точну інформацію по аналітичному розв'язку по рівнянню переносу отримати дуже важко. Тому

тут можна використати теорію дифузії, що може об'єднувати розсіяння і фазову ф-ію в один параметр, і називається він коефіцієнтом послаблення розсіювання. Вона може припустити, що фотони, котрі можуть розповсюдитись в середовищі, мають змогу поглинутись і розсіятись в ньому практично в будь якому напрямі.

Для фотонного потоку, який буде розповсюджуватись в однорідному середовищі, можна записати дане рівняння, яке має назву – рівнянням дифузії [35]:

$$\Delta^2 \psi(\vec{r}) - \frac{\mu_a}{D} \psi(\vec{r}) = -\frac{S(\vec{r})}{D}; \quad (2.4)$$

де $\psi(\vec{r})$ – швидкість потоку фотонів в точці r ; $S(r)$ – функція джерела, яка визначається оптичними характеристиками середовища; D – коефіцієнт дифузії, що можна визначити як [35]:

$$D = 1/3 (\mu_a + (1 - g)^{-1} \mu_s). \quad (2.5)$$

При застосуванні методики Монте-Карло для аналізу по розповсюдженні ультрафіолетового опромінення в біологічній тканині являється доволі перспективним. Методика основана на числовій імітації фотонного перетворення у розсіювальному середовищі.

Повна схема цієї методики має в основі теорему ймовірності, де величина $Y = \sum_{i=1}^N i$, рівна сумі великої кількості N довільних випадкових величин X та C з однаковими математичними сподіваннями m та дисперсіями σ^2 , завжди розподілена по нормальному закону з математичним сподіванням $N \cdot m$ та дисперсією $N \cdot \sigma^2$ [36].

Основа методики – це можливість врахувати явища по розсіюванню та поглинанню під час всього оптичного шляху фотона крізь біологічну тканину. Для включення поглинання, для кожного фотону буде присвоюватись певна маса, та при проходженні крізь біологічну тканину, ця маса буде з часом меншати. Та коли може бути розсіювання, обирається інший маршрут поширення відповідно до фазової функції та іншого випадкового числа. Та цей процес буде продовжений до того часу, допоки

фотон не покине частину, що підлягає розгляду, або маса не досягне деякої величини [37]. Ця методика має 5 основних дій: генерація джерела фотона, генерація траєкторії, поглинання, ліквідація, реєстрація.

Візьмемо до розгляду імітаційний алгоритм по фотонному переході в середовище, яке представлено в методі Монте-Карло. Він може надати поле для простого переходу фотонів, в випадках розміщень на ділянці, яка може містити розсіяні частки. Спосіб, завдяки якому фотон може здійснити перехід в середовищі можна визначити за допомогою імітаційного методу. В даній нагоді фотони можуть розглядатись ніби балістичні частинки. Інакший вигляд може бути у випадках фотонних переходів, які можуть оцінюватись потрібним імовірнісним розповсюдженням. Під час моделювання усі фотони можуть розсіятись або поглинутись при зіткненні з частинками. Беззаперечний наслідок в кожному виді має в основі встановлення розподілених випадкових чисел. Ймовірність розсіятись в цьому напрямі можна визначити відповідно до розсіяння в одиничних частинках. Є необхідність уточнення перерізу розсіяння та оцінки матриці розсіяння для кожної взаємодії з розсіювачем під час процесу числової імітації переходу фотону в біологічній тканині.

В той час, як випадковий фотон потрапляє до розсіювального шару, той має змогу проходити вільну довжику l . Дане значення l має залежність відносно концентрації частинок та величин перерізів. Відстань l – випадкова величина, що буде використовувати всілякі позитивні значення

$$p(l) = p\sigma_{ext}e^{-p\sigma_{ext}l}, \quad (2.6)$$

де p і σ_{ext} часткова концентрація і відмирання перерізу розсіяних часток відповідно. Часткова реалізації вільної відстані l визначається випадковим значенням γ , що весь час розповсюджується в інтервалі [36]

$$\int_0^1 p(l)dl = \gamma, \quad (2.7)$$

Підставимо формулу (1.6) в (1.7), тоді значення l матиме вигляд

$$l = \frac{1}{\rho\sigma_{ext}} \ln \gamma, \quad (2.8)$$

Коли після проходження відстані l , фотон може залишитись всередині розсіювального об'єкту, то з'являється можливість фотонно-часткової взаємодії (розсіювання чи поглинання) вибраної випадково [37].

Далі маємо змогу побудувати алгоритм імітації (рис. 2.1). Будемо вважати, що частинки середовища, у яких буде відбуватися розсіювання і поглинання, являють собою сферично симетричні об'єкти. Дане наближення зазвичай може використовуватись в подібних ситуаціях і має основу в тому, що під час процесу по проходженню через середовище з сильним розсіюванням, фотон буде взаємодіяти з частинками під різноманітними кутами.

Завдяки цьому є можливість застосування усереднену індикатрису розсіювання. Дана модель та порівняння багатьох розрахунків з результатом експериментів дали змогу побачити, що дане наближення посередньо може описати функції великої кількості біотканин[37].

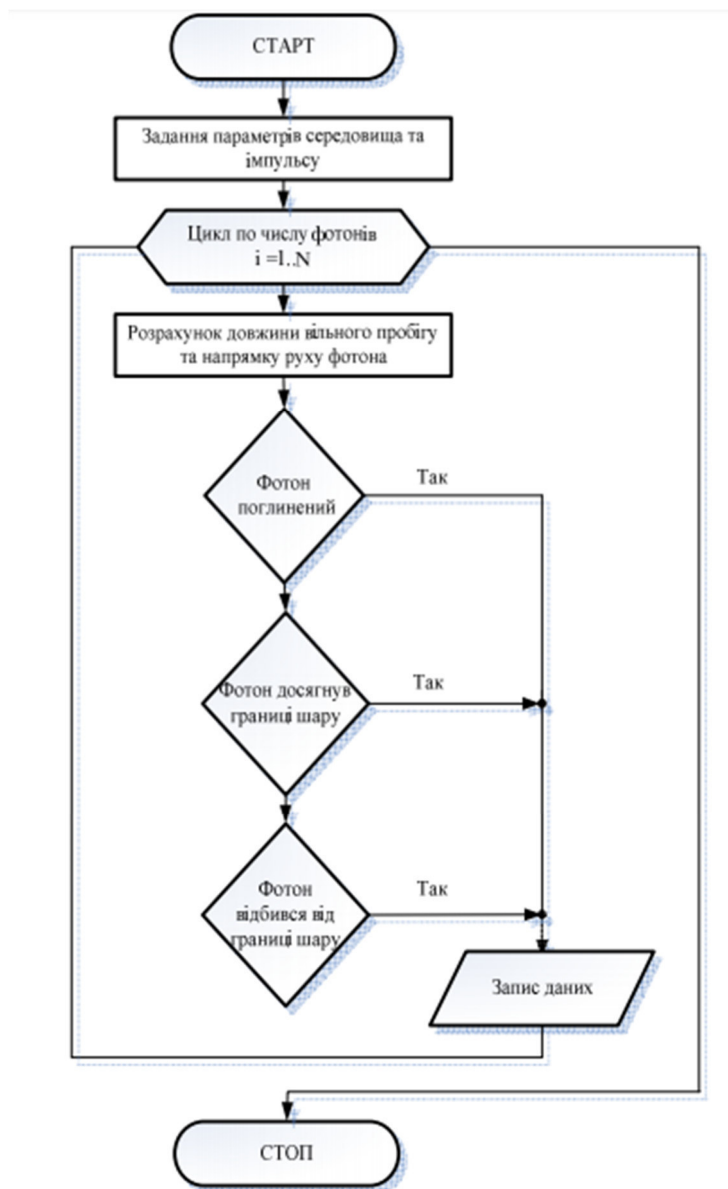


Рис. 2.1 Алгоритм імітації

Перевага даного методу в своїй основі має зручність й пристосованість для розв'язання непростих задач в мультикомпонентних середовищах. Окрім цього, дана методика може являти собою зручне середовище для побудови інтегральних операторів зв'язку, і це дає змогу для того, аби можна було проводити масові розрахунки та розв'язання зворотних завдань для реконструювання характеристик першого опромінення за результатами вимірювань, що були досягнуті за допомогою експерименту [36].

2.2 Методика розрахунку параметрів випромінювача

При опроміненні шкіри людини варто враховувати фактори по розрахунку впливу на БО УФ випромінювання і оцінка необхідних потужностей для даної задачі, яка не лише буде достатньою для виконання поставленого перед нею завдання, але і не буде надмірно опромінювати одиницю площі шкіри.

Найбільш ефективним для методу з використанням СВД являється використання їх у групах з однаковою довжиною хвилі. Найпростіше і найкраще використовувати групи СВД у формі прямокутників. Такий спосіб можна використати у СВД матриці з певною послідовністю розташування діодів.

При даному методі в залежності від потреби і методики розташовувати діоди можна так, щоб вони або не перекривали випромінюванням один одного (або мали мінімальну площу перекриття один одного), або ж мали велику кількість накладення потоків один на інший.

На мою думку використання першого методу являється перевагою при більш точному випромінюванні. І при подібному можна вимикати будь який діод без побоювання зменшити випромінювання для іншої ділянки або ж навпаки іншими діодами мати дуже велике випромінювання, що навпаки нашкодить.

Розрахунок випромінювання від одного діода можна розрахувати за формулою:

$$a = \frac{\cot \frac{\alpha}{2}}{h * 2} \quad (2.9)$$

Віддаль між діодами на СВД матриці буде рівна віддалі опромінення діодом БО, так як опромінення від різних діодів не повинна буде накладатись одне на інше, як це показано на рис. 2.2. Кут ж на даному малюнку вказує на тип діоду і його кут опромінення.

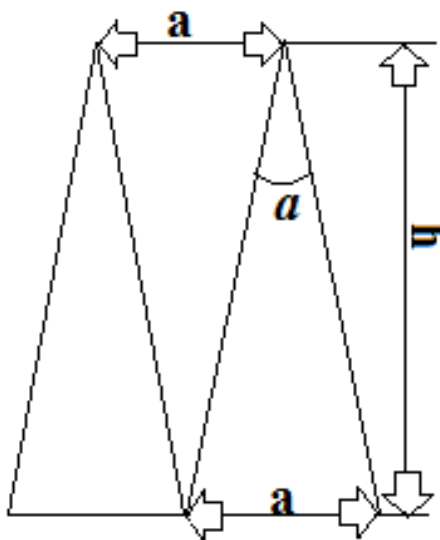


Рис. 2.2 Принцип розміщення діодів на СВД матриці

Про інтенсивність випромінювання не потрібно турбуватись, поки будуть використовуватись діоди, які не будуть надмірними при використанні на БО. Адже при даному використанні нагромадження великої кількості випромінювання від різних діодів не буде при використанні даного методу розміщення діодів на СВД.

2.3 Визначення біодози для опромінення УФ

Біодоза - мінімальна тривалість опромінення УФ-променями шкіри, необхідна для виникнення слабкої (порогової), але ясно окресленою еритеми (фотоеритеми). Її виражають числом хвилин, необхідних для того, щоб викликати порогову еритему (почервоніння шкіри з чіткими межами). Ця доза відповідає даному хворому при проведенні опромінення даної лампою і з даного відстані. Використовується для індивідуального дозування УФ-опромінь (біологічний метод). Визначають біодозу за допомогою найпростіших пристроїв, які отримали назву біодозиметрії. У дорослих зазвичай користуються біодозиметрії І.Ф. Горбачова, у дітей - біодозиметрії В.Н. Ткаченко.

Біодозиметрії Горбачова, який представляє собою металеву пластинку з 6 закриваються засувкою отворами прямокутної форми, зміцнюють, як правило, на животі назовні від пупка. Джерело УФ-радіації встановлюють найчастіше на відстані 50 см від шкіри. Відкривають перший отвір біодозиметра і опромінюють протягом 1 хв, після чого відкривають другий отвір і знову опромінюють 1 хв і т.д. До кінця, тобто через 6 хв, ділянку, що відповідає першому отвору, виявиться опроміненим протягом 6 хв, другий - протягом 5 хв і т.д. Результати опромінення зазвичай враховують через 24 год. Якщо на місці опромінення є, наприклад, 5 смужок зростаючої яскравості, то, отже, біодоза для даної людини при вибраних умовах визначення дорівнює 2 хв, а якщо виявляється 4 смужки, то біодоза дорівнює 3 хв і т.д. Якщо опромінення буде проводитися не з 50 см, а з іншого відстані, то необхідно перерахувати біодозу для нових умов за формулою: $X = (A * B^2) / C^2$ де X - шукана тривалість опромінення в хвилинах, рівна 1 біодози на новому відстані; B - відстань, з якого буде проводитися опромінення; C - відстань, з якого визначалася біодоза; A - біодоза в хвилинах, певна зі стандартного відстані.

Залежно від інтенсивності опромінення УФ-променями розрізняють: суберитемніе (до 1 біодози), малі еритемніе (1-2 біодози), середні (3-4 біодози), великі (5-8 біодоз) і гіпереритемніе (понад 8 біодоз) дози.. [40].

Допустима площа опромінювання залежить від дози УФО:

1. Суберитемна (до 1 біодози) – площа не обмежується.
2. Слабоеритемна (1-2 біодози) – 600 см²
3. Середньоеритемна (3-4 біодози) – 300-250 см²
4. Велика еритемна (5-7 біодоз) – 100-150 см²
5. Гіпереритемна (від 8 до 12 біодоз) – 50-100 см²

Зазвичай 3,2– 3,6 Вт/м² в області УФ-В це являється параметрами УФ яке випромінює сонце. А мінімальну еритемну дозу ж можна розрахувати по формулі:

$$T_c * Q = \text{Вт} \frac{\text{с}}{\text{м}^2} = \frac{\text{Дж}}{\text{м}^2} \left(\frac{\text{мДж}}{\text{см}^2} \right) \quad (2.10)$$

де T_c – час опромінення (с); Q – інтенсивність потоку опромінення.

Чутливість слизових оболонок до УФО визначають біодозиметрії БУФ-1 (метод В.М. Ткаченко).

При проведенні опромінення необхідно враховувати правило квадрата відстані - при збільшенні відстані між пацієнтом і джерелом випромінювання вдвічі, биодозу необхідно збільшити в чотири рази, а зі зменшенням відстані в два рази, зменшити биодозу в чотири рази.

Чутливість шкіри до ультрафіолетових променів залежить від багатьох причин, серед яких найбільш важливі: а) локалізація впливу; б) колір шкіри; в) час року; г) вік; д) вихідне функціональний стан пацієнта; е) захворювання (фотодерматози, екзема, подагра, захворювання печінки, гіпертиреоз, хвороба Рейно - підвищують чутливість шкіри до УФО, інші ж - пролежні, відмороження, трофічні рани, газова гангрена, бешихове запалення, захворювання периферичних нервів і спинного мозку нижче рівня ураження - знижують її); ж) прийом медикаментів - підвищують чутливість саліцилати, препарати ртуті і вісмуту, сульфаніламіді, хінін, акрихін, знижують препарати кальцію, інсулін, різні мазі.

В певній мірі можна багато дізнатись про чутливість певних організмів за оцінюванням типу шкіри пацієнта, і можна виділити 6 типів який виділяє 6 типів шкіри відносно концентрації меланіну в епідермісі, що забезпечує поглинання УФО і затримує його проникнення в глибокі підшкірні тканини.

Опромінювалась ділянка шкіри на стегні, яка найменш підлягає дії природного сонячного випромінювання.

Таблиця 1.

Тип шкіри	Час виникнення стійкої еритеми, год	МЕД, мДж/см ²	Ступінь поглинання ультрафіолету, у.о.	Теплове випромінювання від шкіри, Вт/м ²
2	5	242	244	8,6
3	8	292	623	3,3
4	12	286	562	7,6

Дивлячись на дані, що представлені в таблиці 1, не має можливості прослідкувати залежність інтенсивності випромінювання тепла, що може характеризуватись кровопостачанням шкіри, відносно типа шкіри[39].

2.4 Моделювання енергетичних характеристик

Основа фотобіологічної реакції полягає у взаємозв'язку ультрафіолетових фотонів з молекулами опромінюваного БО. Та її ефективність можна визначити за допомогою співвідношення:

$$N_F = \frac{M}{\eta_{kv}} \quad (2.11)$$

де, N_F – кількість фотонів, що мають змогу потрапити на БО; M – кількість молекул, які були задіяні у реакції; η_{kv} – квантовий вихід фотореакції.

У випадках, якщо дана реакція буде існувати при поглинанні всього лише одного фотону, тоді $\eta_{kv} = 1$ і $N_F = M$. Коли ж дана реакція не зможе існувати без поглинання не одного фотону, тоді $\eta_{kv} > 1$.

Можна перемножити ліву та праву частину формули на енергію фотона, та можна отримати рівняння Ван-Гоффа-Лазарева для фотохімічної реакції, де на лівій частині знаходиться формула завдяки якій можна

визначити енергію, яка потрапляє на БО, а на правій частині – формула, яка може визначити значення енергії, яка була затрачена на утворення продукту фотореакції :

$$N_F * E_F = \frac{M * E_F}{\eta_{kv}} \quad (2.12)$$

Після урахування числа фотонів та молекул, що були прореаговані з ними:

$$n * t * \varepsilon_F = \frac{G * N_A}{g * \eta} * \varepsilon_F \quad (2.13)$$

де, n - число фотонів випромінювання, поглинутих за одиницю часу; t - час опромінення;

$$M = \frac{G * N_A}{g} \quad (2.14)$$

де, N_A - число Авогадро, що може характеризувати число молекул у грам-молі речовини; G – маса речовини; g - молярна маса речовини.

На лівій частині можна визначити число енергії, що була поглинута Q_a монохроматичного випромінювання під час випромінювання t:

$$Q_a = n * t * \varepsilon_F = N_F * \varepsilon_F \quad (2.15)$$

За допомогою використання закону Бугера-Ламберта-Бера енергія, що поглинається БО, буде визначена як:

$$Q_a = Q(l - e^{-\delta}) = (Q * t)(l - e^{-\delta}) \quad (2.16)$$

де, Q - значення енергії, що буде потрапляти на поверхню опромінюваного предмету; l - глибина на яку може проникати випромінювання; δ - значення по поглинанню випромінювання відносно товщини БО; F - потік, який опромінює БО.

Енергія, що потрапляє від джерела опромінення на площу поверхні, буде визначатись як:

$$\frac{Q_a}{S} = \frac{F * t}{S} (l - e^{-\delta}) \quad (2.17)$$

або

$$\frac{Q_a}{S} = E * t \quad (2.18)$$

де, S - площа поверхні опромінення; $E * t$ - кількість енергії, що падає на поверхню приймача за час t , тобто доза опромінення H .

Тому дозу опромінення можна буде розрахувати наступним чином:

$$H = \frac{Q_a}{S(l - e^{-\delta})} \quad (2.19)$$

При врахуванні (2.19) дозу з якою буде опромінюватись БО за допомогою випромінювання довжиною хвилі λ , що буде необхідна для отримання маси продукту фотореакції $G_{np.}$, буде записана даним чином:

$$H_\lambda = \frac{G * N_A * \varepsilon(\lambda)}{g * \eta(\lambda) * S * a(\lambda)} \quad (2.20)$$

де, $a(\lambda) = (l - e^{-\delta})$ - коефіцієнт поглинання випромінювання.

Позначивши $\frac{\varepsilon(\lambda)}{\eta(\lambda)} = \mu(\lambda)$ - як енергетичний коефіцієнт фотореакції фотона у якого довжина хвилі рівня λ . Завдяки тому дозу опромінення, яка буде необхідна для утворення даної значення продукту цієї фотореакції в ефективному діапазоні спектру дії УФ випромінювання від λ_1 до λ_2 значення опромінення t є можливість дізнатись за допомогою формули:

$$H(\lambda, t) = \iint_{\lambda_1}^{\lambda_2} \frac{G * N_A}{g * S * a(\lambda)} \mu(\lambda) d\lambda dt \quad (2.21)$$

або

$$H(\lambda, t) = \frac{M}{S} \iint_{\lambda_1}^{\lambda_2} \frac{\mu(\lambda)}{a(\lambda)} d\lambda dt \quad (2.21)$$

За допомогою залежності (2.21) є можливість для визначення фактичної дози опромінення, або іншими словами, значення енергії що випромінюється, що потрібно спрямувати на поверхню предмета, що буде опромінюватись, для того, щоб там утворилась очікувана кількість продукту фотореакції.

З основою у тому, що було наведено вище, є змога написати

математичну модель взаємозв'язку ультрафіолетової енергії з БО у вигляді:

$$\frac{M}{S} \iint_{\lambda_1}^{\lambda_2} \frac{\mu(\lambda)}{a(\lambda)} d\lambda dt = \frac{1}{S} * \frac{M}{S} \iint_{\lambda_1}^{\lambda_2} Q(\lambda) d\lambda dt \quad (2.22)$$

У лівій частині цього рівняння можна визначити значення енергії випромінювання довжина хвилі якого буде коливатись від λ_1 до λ_2 , що буде використовуватись для утворення G_{np} , значення продукту фотореакції після того, як були ураховані всі оптичні властивості БО, який буде опромінений. У правій частині рівняння можна визначити кількість енергії потоку випромінювання від джерела, який буде потрапляти на поверхню опромінюваного БО з значенням площі S , та за час t має змогу утворювати задану кількість продукту.

Рівняння (2.22) представляє собою загальну математичну модель, що може показати енергетичний зв'язок що є між джерелом випромінювання та опромінюваним БО і надає змогу щоб забезпечити оптимальне проходження даної фотореакції об'єкті, що буде приймати опромінення (шкірі людини), та зробити прогноз відносно кількісних та якісних результатів процесу по опроміненню за заданим спектром біологічної дії [41].

2.5 Моделювання опромінення СВД матриці у пристроях медичного призначення

На сьогодні відбувається постійний розвиток науки та техніки. Все більше починають використовуватись оптико-електронні лікувальні прилади. Широкого застосування набули методики і медичні прилади по лікуванню з основою по опроміненню хворих. Тоді ж на практиці в медицині виникають нові вимоги стосовно дослідження впливу, що оптичне випромінювання завдає організму людини. Проте на сьогодні не завжди можна знайти рішення тієї чи іншої проблеми за допомогою

існуючих приладів.

Завдяки оцінюванню приладів по опроміненню, що можуть використовуватись в лікуванні деяких хвороб шкіри, таких як псоріаз, вітіліго, акне, лишай, можна зробити висновок, що велика кількість приладів, які в основі мають використання ртутних ламп, давно можна вважати застарілими, та такими, що не можуть відповідати сучасним медичним стандартам. Основними проблемами подібних пристроїв можна вважати їхній малий строк використання, необхідність спеціалізованої утилізації, через матеріали, що використовують в виготовленні подібних приладів, громіздкість, погану можливість направлено опромінювання БО та можливі побічні дії, на кшталт опіків.

Особливо цікавими в даному питанні можна вважати прилади, що використовують напівпровідникові джерела випромінювання. В основі конструкції даних приладів використовується СВД матриця, що має змогу створювати рівномірний потік випромінювання та надає можливість керувати інтенсивністю та напрямом.

Оптико-електронна система, що використовується в основі СВД матриці передбачає, що розміщуватися СВД будуть на деякій відстані між собою, та на висоті до тіла Н, з використанням в розрахунках кутів розсіяння α щоб досягнути рівномірного опромінення БО. Для того, аби розрахувати опромінення в деякій точці був використаний точковий метод [42]. Інтенсивність можна вирахувати за формулою:

$$E_e = I_{ea}(a) * \frac{1}{l^2} \cos a = I_e(a) = I_o * \cos^7 a = I_o * \cos^8 a \frac{1}{l^2} \quad (2.23)$$

де, $l = \frac{h}{\cos a}$, $a = \arctg \left(\frac{a}{H} \right)$; h, H – висота СВД та відстань до тіла

2.6 Висновки до другого розділу

В другому розділі було проведене математичне моделювання та була запропонована методика по опроміненню з основою в ультрафіолетових

СВД, за допомогою виявлення методу світлорозподілу з оптимальними властивостями, який дасть змогу для побудови моделі поширення енергії ультрафіолетового опромінення.

Обґрунтований вибір математичної моделі що використовується для розподілу опромінювання від даної системи. Показано кардинальну різницю в використанні напівпровідникових елементів у порівнянні з давнішими приладами та системами.

Було обчислено і показано графічно розташування світлодіодів відносно один одного та відносно шкіри пацієнта.

РОЗДІЛ 3 МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВПЛИВУ УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО ОПРОМІНЕННЯ НА БІООБ'ЄКТ

3.1 Моделювання дії УФ випромінювання на шкіру людини

Різноманітні оптичні характеристики БО, а саме коефіцієнт відбивання, абсорбція, розсіювання та пропускання у кожного з шарів шкіри різноманітні. Їхнє значення має залежність від різноманітних властивостей шкіри та від характеристик самого випромінювального потоку [43]. Тому при розрахунку проходження випромінювання через різноманітні шари БО варто мати на увазі різноманітні оптичні характеристики кожного з шарів, і в нашому випадку це шари шкіри, адже кожен прошарок має різноманітні характеристики по пропусканню та відбиванню випромінювання. Але також змінити данні характеристики можуть будь які зайві об'єкти або ж різноманітні аномалії на шкірі, такі як родимі плями або ж шрами.

Тому при опроміненні БО можна обчислити потік випромінювання при врахуванні характеристик кожного з прошарків шкіри. Адже під час проходження УФ через біологічне середовище не весь потік може вільно пройти через шкіру через поглинання і відбивання його від різноманітних її шарів. Під час розрахування коефіцієнтів пропускання $x = \frac{F_0}{F_x}$ складові шкіри людини представлені, як окремі шари відповідно до шаруватої моделі:

$$F_x = \mu_1 * \mu_2 * \mu_3 * \mu_4 * \mu_5 * F_0 \quad (3.1)$$

де, F_x - випромінювання на виході з біологічного середовища, $\mu_1 \mu_2 \mu_3 \mu_4 \mu_5$ - коефіцієнти заломлення кожного з шарів біологічного середовища (рис. 3.1).

Для створення математичної моделі було проведено аналіз можливих структур по реалізації системи, що буде здатна контролювати опромінювання в фізіотерапії, принципи за якими вона буде працювати та проводити аналіз, була

врахована здатність відбивати випромінювання під час проходження через шари біологічного середовища і моделювання розрахунків по поглинанню випромінювання біологічним середовищем.

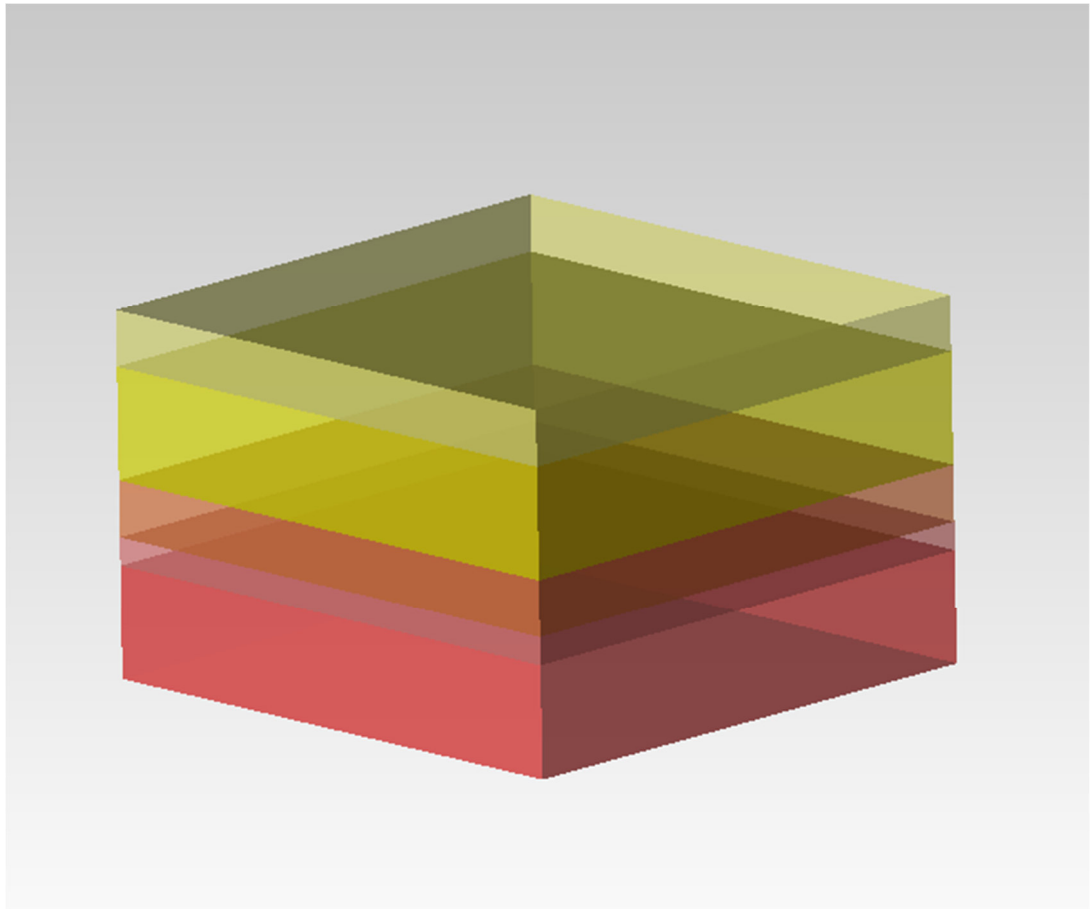


Рис 3.1 Схематична модель БО у якості шарів шкіри

Використовувалась математична модель для зразка біологічного об'єкта з включенням показників по заломленню, з основою в якості закону Бугера-Ламберта-Бера, який може визначити ослаблення пучка випромінювання під час його поширення через поглинальне середовище що буде визначатися даним виразом:

$$I(d_{зр}) = (1 - R_f)I_0 \exp(-\mu_e d_{зр}) \quad (3.2)$$

де, I_0 - інтенсивність падаючого УФ опромінення; R_f - коефіцієнт Френелівського відбивання; $\mu_e = \mu_a + \mu_s$ - коефіцієнт заломлення; μ_a - коефіцієнт поглинання; μ_s - коефіцієнт розсіювання; $d_{зр}$ - товщина зразка.

Коефіцієнт пропускання біологічного об'єкта буде залежати від числа

клітин N_k і їхнього діаметру d_k та буде наближено описуватись даним виразом:

$$\tau_{кр}(N_k, d_k) = \left(1 - \frac{S_{пл}}{S_{кр}}\right) \quad (3.3)$$

де, $S_{пл}$ - площа поперечного перерізу енергетичної, $S_{кр}$ - сума площин поперечного перерізу клітин біологічного об'єкту при нормальних умовах ($0 < S_{пл} < S_{кр}$), що будуть частково пропускати випромінювання.

Випромінювальний пучок, який буде проходити через шари біологічного об'єкту, буде визначеним за допомогою виразу:

$$F_\tau = F_0 * \tau_{кр} \quad (3.4)$$

З врахуванням того, що біо-середовище не є прозорим, послаблюючий коефіцієнт буде рівним $\mu_a = \mu_c + \mu_r$. Функція $p(\vec{r}, \vec{r}')$ що буде застосовуватись для описування процесу дисгрегації в шарах біологічного середовища і є функцією густини розсіювання з напрямом падаючої хвилі \vec{r}' . Фотони, що будуть рухатись в даному напрямі поширення випромінювання \vec{r} , будуть характеризуватись елементарним розсіюванням. Змодельоване розсіювання симетричне відносно направленості падаючої хвилі і означає, що фазова функція буде залежати лише від кута розсіювання θ між напрямленнями \vec{r} та \vec{r}' , тому $p(\vec{r}, \vec{r}') = p(\theta)$. Тому процес по розсіюванню випромінювання в неоднорідному середовищі являється випадковим процесом, що описаний даним чином:

$$\int_0^\pi p(\theta) 2\pi \sin\theta d\theta = 1 \quad (3.5)$$

Для апроксимації функції розсіювання для кожного випадку використано фазову функцію Хені-Грінштейна:

$$p(\theta) = \frac{1}{4\pi} * \frac{1 - g^2}{(1 - g^2 - 2g\cos\theta)^{\frac{3}{2}}} \quad (3.6)$$

де p - густина шару тканини; θ - коефіцієнт розсіювання; g - коефіцієнт анізотропії [44].

Моделлю опромінення БО можна показати на рисунку 3.2. Там чітко видно як кожен з шарів шкіри може відбити випромінювання, або ж може

відбутись ефект заломлення променів і тому не обов'язково вони зможуть пройти навіть верхній шар шкіри.

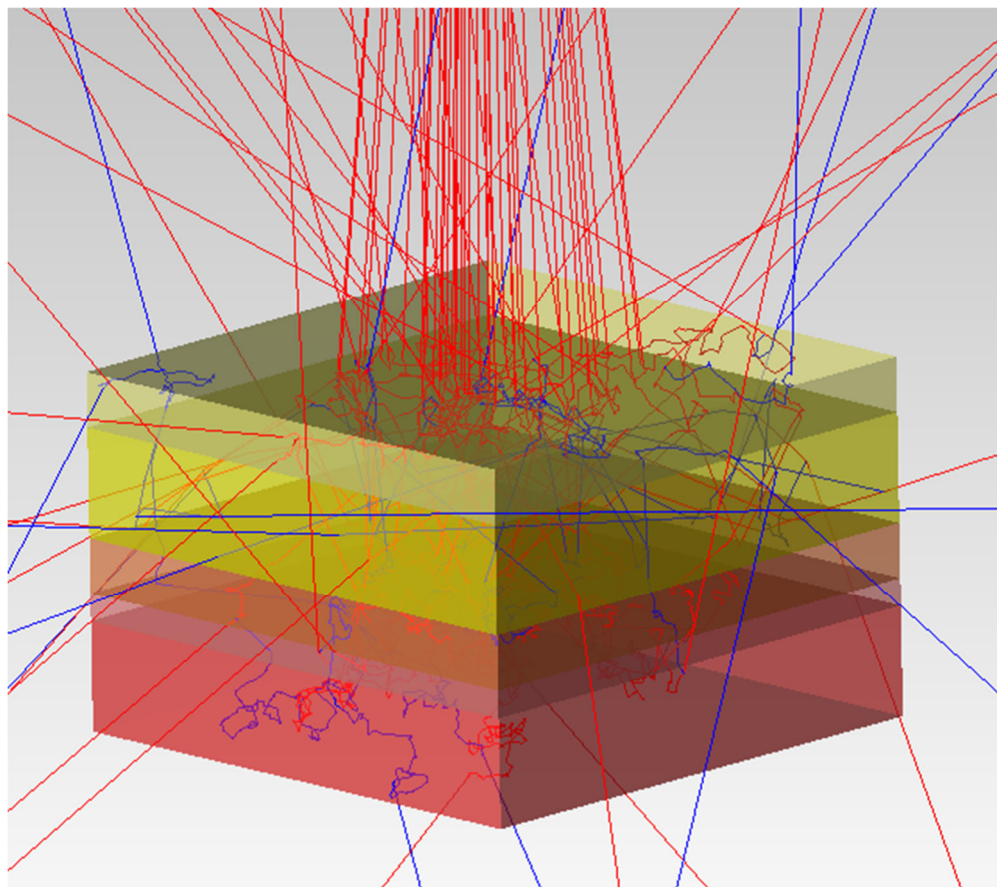


Рис. 3.2 Схематична модель опромінення БО у якості шарів шкіри

3.2 Моделювання структурної схеми та алгоритму роботи системи

На зараз великою проблемою у сфері опромінення УФ та у розвитку пристроїв для фізіотерапії є всіляка відсутність автоматизації та зворотного зв'язку, який не дає можливості на проведення якісного лікування без надлишкового опромінення хворих або точного опромінення вражених ділянок шкіри замість повного опромінення різноманітними лампами, направленість яких не може чітко змінюватись.

Було визначено велика кількість критеріїв, які можуть показати якою має бути дана система опромінювання БО. При виконанні даного завдання величезна різноманітність промислових видів всіляких електронних компонентів, наприклад СВД та фотоприймачів, дає змогу обрати потрібні

компоненти для створення даної системи, які будуть найкраще підходити у кожній ситуації з різноманітними характеристиками. Перш ніж за все, це відноситься до відповідності їх спектральних характеристик. Дивлячись на те, що мала кількість, або і взагалі – відсутність будь яких даних, відносно формулювання зазначених вище вимог вирішення цього завдання являється важливим і актуальним на сьогодні.

Структура системи динамічного УФО має бути основана, мінімально, з трьох частин – випромінювальної – 3, приймальної – 2, передавальної – 1. В матриці ультрафіолетових СВД за основу використовувались діоди DUV310-HL46N від австрійської фірми Roithner Lasertechnik, в приймальній буде поміщений фотоприймач (ФП) Grove UV Sensor. Діоди будуть розташовуватись з можливістю забезпечити максимально можливу кількість потрапляння відбитого випромінювання на ФП.

Діоди є вузько направленими, тобто такими, що мають малий кут опромінення. У DUV310-HL46N цей кут зупинився на відмітці в 6 градусів.

Матриця світлодіодів повинна бути обмежена пластиковими бортами, щоб зменшити можливість опромінення непотрібних ділянок шкіри і запобігати потраплянню випромінювання у незахищені органи зору пацієнтів. Також їх функція полягає у запобіганню небажаного розсіювання УФ випромінювання. Самі борти повинні бути виготовлені з міцного, нетоксичного, електроізоляційного та непрозорого матеріалу, що буде мати змогу забезпечити надійне закріплення усіх елементів приладу, та попереджувати непотрібні ризики відносно пацієнтів.

Також приймальна частина забезпечує собою фотоприймачі, які розташовуються на усіх чотирьох кутах приладу для приймання випромінювання світлодіодів, яке не було поглинене і відбилось від БО. Також для нормальної роботи і чіткого сигналу, який буде надходити від ФП, сигнал від них підсилюється додатковими електронними елементами.

Живлення світлодіодів та фотоприймачів буде здійснюватись за допомогою регульованих резисторів. До схеми підключення фотоприймачів

буде входити підсилювач та вимірювач амплітуди сигналу

Також необхідно обмежити будь яке можливе стороннє випромінювання на фотоприймач, тому рекомендовано використовувати даний прилад у затемненій кімнаті і обмежити використання будь яких сторонніх пристроїв, які можуть будь яким чином спотворити можливі результати лікування або діагностики.

За допомогою отриманих енергетичних характеристик є змога оцінити зміну інтенсивності та легко зрозуміти, яка доза, що отримує біологічний об'єкт. Під час того, як будувався алгоритм по роботі системи динамічного опромінення припускається, що частинки середовища, де буде відбуватись процеси по розсіюванню і поглинанню, являються сферично симетричними. Алгоритм являє собою: а) пошук інформації відносно типу шкіри, форми та площі враження, наявність чи відсутність попереднього лікування, та при попередньому опроміненні дозу опромінення, що використовувалась; б) замірювання параметрів властивих здоровій та хворій шкірі пацієнта; в) підлаштовування системи, управління параметрами опромінення; г) запуск випромінювання біологічного об'єкта за даними налаштуваннями; д) контролювання різноманітних параметрів опромінення; е) аналізування можливих змін в параметрах шкіри, яка опромінювалась, при змінах необхідно продовжити, а при їх відсутності повернення до налаштувань; є) аналізування зміни у фізіологічному стані пацієнта при проходженні сеансу і якщо була підтвержені критичні зміни, то завершення процедури, в іншому випадку формування результатів сеансу. Таким чином, даний метод дає змогу використовувати його для опромінювання враженої шкіри пацієнтів з подальшим позитивним результатом.

Дана методика дає змогу забезпечити: автоматизацію опромінення при змінах відбитої енергії випромінювання від потрібної.

3.3 Проектування системи на основі випромінювальних діодів

СВД завдячуючи важливим перевагам та належність до сучасних медичних вимог мають змогу створити ультрафіолетові СВД-матриці з ним в основі, що будуть давати можливість для реалізації стаціонарних та стимуляційних режими по опромінювання вздовж всій його площі.

Для необхідного опромінення, за допомогою діодів, які не повинні накопичувати на одній точці БО випромінювання з багатьох випромінювачів найкраще використовувати діоди з малим кутом опромінення, наприклад таким як 10 або й меншим, в залежності від того, настільки далеко буде СВД матриця від опромінюваного об'єкту.

Завдяки проведеному аналізу різноманіття ринку ультрафіолетових світловипромінювальних діодів, підтверджено перспективу напівпровідникових діодів для пристроїв фізіотерапії, що стало підґрунтям запропонованого методу та системи створених в роботі.

Для оптико-електронної системи було запропоновано забезпечити динамічне УФ опромінення використовуючи світлодіодні матриці. Що буде надавати здатність, щоб здійснювати управління інтенсивністю, частотою імпульсів за допомогою програмної модуляції ділянок СДВ матриці та окремих діодів.

В нашому випадку в матрицю будуть поміщені діоди, які будуть в межах ультрафіолетового опромінення В діапазону з довжиною хвилі в 311 нм.

Прикладом таких діодів можна взяти DUV310-HL5N з довжиною хвилі в 310 нм та кутом опромінення в 6 градусів і DUV310-HL46N з подібними характеристиками. Також доволі наближеними є UVTOP305-HL-TO39 з довжиною хвилі в 305 нм та кутом опромінення в 7 градусів та UVTOP305-BL-TO39 з ідентичними характеристиками і відмінністю лише в типу об'єктиву.

Відстань на якій будуть розташовуватись діоди ж буде розраховуватись в залежності від того, як далеко буде опромінюваний об'єкт та яким буде кут опромінення діода.

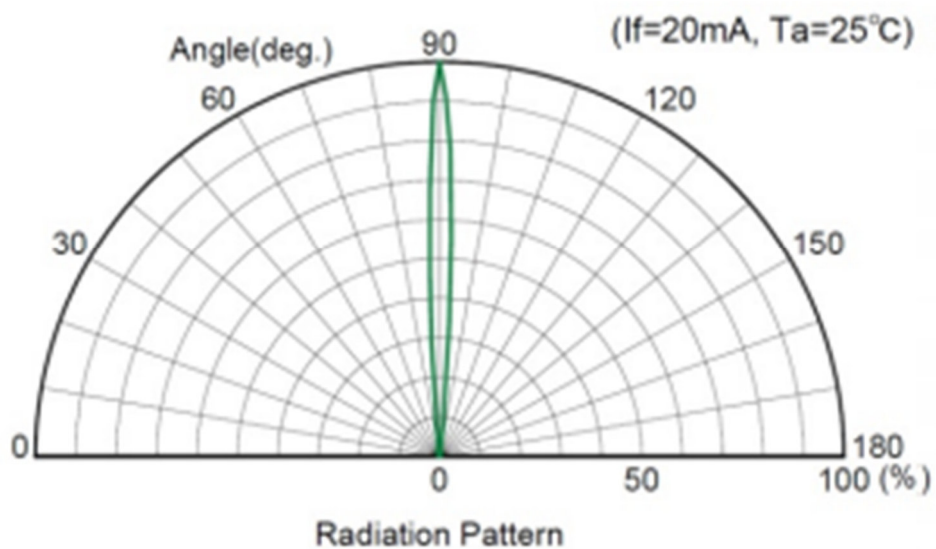


Рисунок 3.3 - Діаграма направленості світлодіода типу DUV310-HL46N

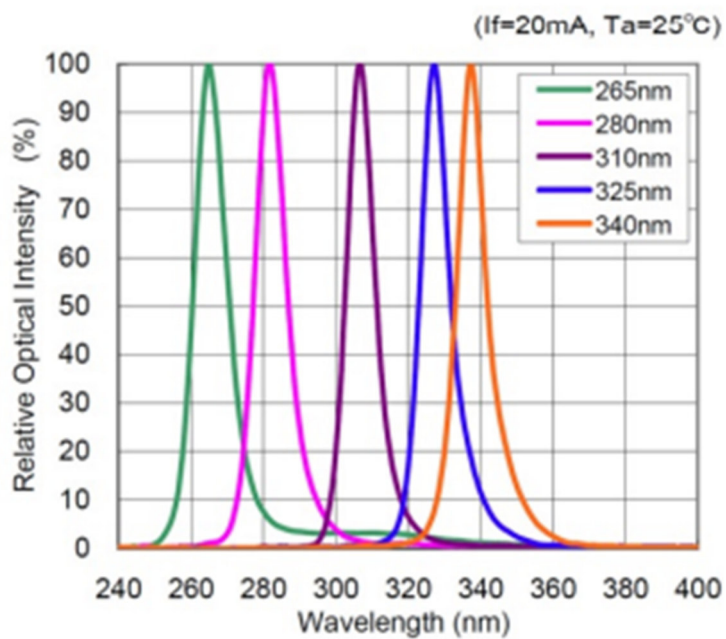


Рисунок 3.4 - Спектр випромінювання світлодіода типу DUV310-HL46N

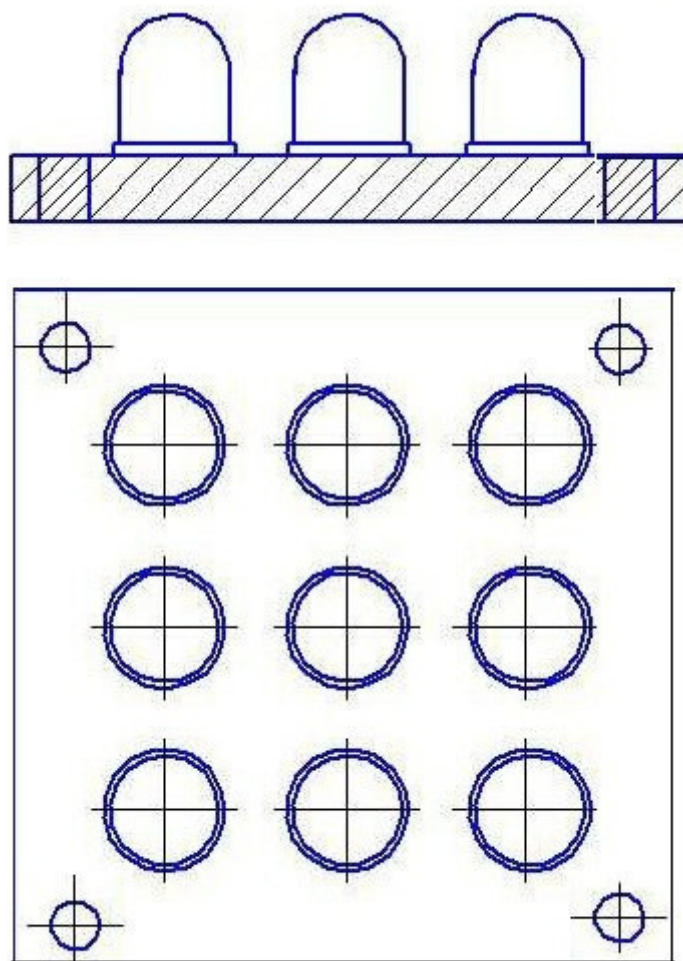


Рисунок 3.5 - Розташування світлодіодів у матричному випромінювачі

3.4 Автоматизована система динамічного опромінення шкіри людини

Провідне значення для фізіотерапії має процес автоматизації опромінення, з вибору інтенсивності випромінювання частоти та модуляції УФ потоку. Частотність процедур має можливість мінятись у величезних значеннях (від Гц до кГц) при різноманітних лікарських вказаннях. І так само найефективніше можуть проводитись процедури не лише при великій інтенсивності джерела випромінювання, але і в залежності від поглинальних здатностей БО.

Зараз майже немає пристроїв для лікування, які б мали змогу здійснювати виміри дози УФ випромінювання, що була поглинена шкірою

людини. В загальному вимірі закінчуються лише на кількості випромінювання, яке може отримати БО, до отримання опіків, чи інших негативних наслідків від опромінення.

З цієї причини введення імпульсної модуляції та автоматизація функції знаходження потрібної частоти з максимальною ефективною поглинальною здатністю є важливим завданням для людей, що створюють техніку медичного призначення і разом з тим має вплив на розвиток з збільшення функціоналу даних приладів. Саме з цієї причини дане питання є важливим і необхідним для вивчення і опрацювання.

В режимі калібровки та діагностики відбуваються процеси по вимірах потужності ультрафіолетового випромінювання, а прилад по вимірюванню дози опромінення з комутаційно-модуляційним перетворенням має можливість надати інформацію про вплив та реакцію біооб'єкта на опромінення джерелом ультрафіолету.

Наступну обробку даних двох етапного вимірювання та створення графіків поглинаючих здатностей біооб'єкта, в залежності від частоти модуляції відбувається при роботі ПО мікроконтролера та персонального комп'ютера [45].

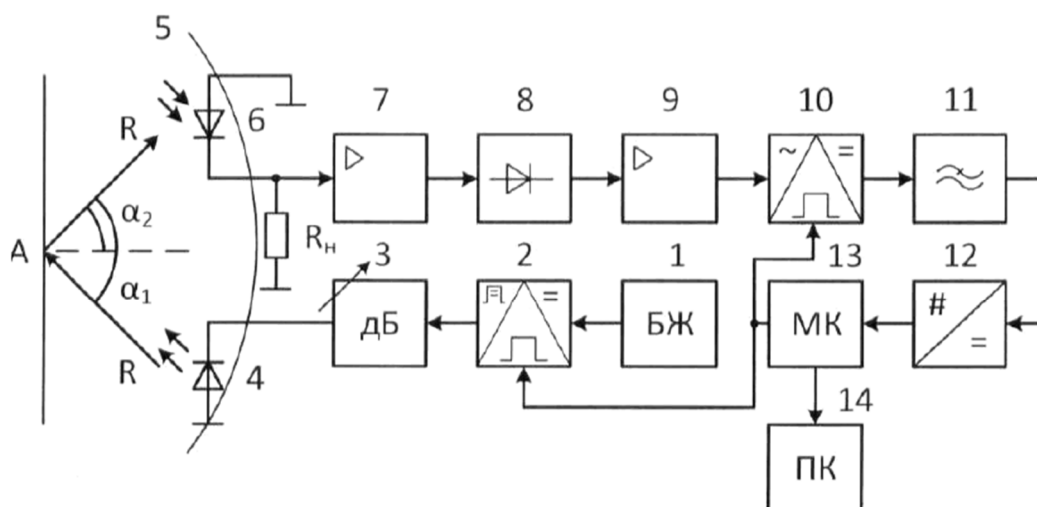


Рис 3.6 - Функціональна схема автоматизованої системи для опромінення шкіри людини.

На малюнку 3.6 зібрана схема системи, для автоматичного опромінення епідерми людини. У даній системі представлено послідовно з'єднані блок живлення - 1, модулятор - 2, атенюатор - 3 та випромінювальний пристрій - 4, що поміщений в відбивач рефлекторного типу - 5 під кутом α_1 . Пристрій приймання дози випромінювання складається у свою чергу з фотодіоду - 6, встановленого під кутом α_2 , причому $\alpha_1 = \alpha_2$.

Фотодіод під'єднується до входу послідовно сполучений підсилювач - 7, квадратичний детектор - 8, підсилювач модуляційної частоти - 9, синхронний детектор - 10 та фільтр низьких частот - 11. Вихід ФНЧ через АЦП - 12 з'єднаний із входом мікроконтролера - 13. Управляючим виходом мікроконтролер - 13 сполучений з управляючим входам модулятора - 2 та з синхронним детектором - 10, вихід мікроконтролера - 13 під'єднано до входу персонального комп'ютера - 14, а підсилювач частоти модуляції - 9 виконаний ширококутовим.

Даний фізіотерапевтичний метод працює декількома етапами в наступному порядку: напочатку першого етапу проводиться калібрування приладу, для цього в точку А встановлюється дзеркало, що представляє собою ідеальний відбивач, віддаль в даному випадку обирається в залежності з плануванням опромінення. З мікроконтролером - 13 в режимі «калібровки» можна проводити розгортку частот модуляцій (F) 0 - 200 Гц з вибраним кроком, приклад можна показати, $\Delta F = 20$ Гц. Імпульсною напругою з мікроконтролера 13 що буде подаватися до модулятора - 2, який буде забезпечуватись періодичною модуляцією напруги живлення від випромінювального пристрою.

Відбиття енергетичного потіку, від дзеркал в режимі «калібровки» чи від біоб'єкта, що буде здійснене режимом «діагностики» сприйматиметься фотодіодом - 6 та перетворюватиметься в вимірювальному каналі.

Згодом з комутаційно-модуляційними перетвореннями на вихід фільтру низьких частот - 11 приймача, режимом «калібровки», приклад, для одної частоти отримується напруга:

$$U_k = S_0 \frac{I_{F1}}{2} R_H \equiv N_{F1} \quad (3.7)$$

Тоді ж напруга U_k що є пропорційною коду N_{F1} на виході АЦП - 12 . На виході приймача в кожному кроці у частотному діапазоні модуляцій є можливість отримання постійної напруги пропорційної до падаючої лазерної потужності - 4, що перетвориться АЦП - 12 в код N_i і фіксуватиметься ПК - 14.

Шуми ж будуть в даному випадку компенсуватися за допомогою використання комутаційно-модуляційного перетворення.

Значенням напруги для кожної з значень буде перетворюватись в код і фіксуватиметься комп'ютером - 14 і результат буде виглядом графіка з відбитим сигналом режиму «калібровка».

На наступного етапі буде проводиться вимірювання, що будуть визначати дозу, яка поглинатиметься після опромінення хворого в режимі мікроконтролера «діагностики». Подібним методом проводитиметься вимірювання і з напругою сигналу, що був відбитий, в режимі «діагностики» для F_1 та іншої частоти:

$$U_d = S_0 \frac{I'_{F1}}{2} R_H \equiv N'_{F1} \quad (3.18)$$

Завдяки допомозі програмного забезпечення встановленого на комп'ютер - 14 буде проводиться вирахування поглинальних здатностей БО, для всіх кроків в частотному діапазоні, що визначатиметься різницею рівнянь (3.17) та (3.19), а для частоти F_1 отримаємо рівняння:

$$U_{\text{Болезнь}} = U_k - U_d = \frac{1}{2} S_0 R_H (I_{F1} - I'_{F1}) \quad (3.9)$$

З рівняння (3.20) поглинання БО можна визначити завдяки різниці інтенсивності сигналів здійснених режимом «калібровки» і «діагностики».

Рівнянням (3.20) можна описати як різницю кодів, прикладом можна показати частоту F_1

$$U_{\text{БОпог}} = N_{F_1} - N_{F_1}^{\wedge} \quad (3.10)$$

Результатом на екрані комп'ютеру або на паперовому носії буде виводитись загальний графік поглинальних здатностей БО з частотним діапазоном біоритмів, що підходять людському організмові.

Напруга, яка буде формуватись під час відбивання від дзеркал буде мати своє найбільше значення й рівний розподіл. Середня лінія буде описувати розподіл вихідних напруг U_d що здійснюватиметься режимом діагностика.

Також помітно поглинанням цілком в діапазонах модулюючої частоти, про те на резонуючій частоті воно цілком має можливість збільшуватись, і в цьому випадку, є необхідність надати перевагу в першу чергу для опромінення частоти F_1 , потім F_3 , а на кінець частоти F_2 . Також варто зауважити, що діаграма розподілу для всіх випадків опромінення та вибраних точок є індивідуальними для кожного хворого.

Частота що мають максимальний ефект поглинання енергії ультрафіолету переважають адже біологічний ефект буде пропорційним до поглинутої дози і сприятиме до підвищення фізіотерапевтичної ефективності. Поміж того дані відносно результату після проходження вимірювань зберігатимуться в комп'ютерах і зможуть використовуватись за для лікування пацієнтів в подальших процедурах з відсутністю початкового огляду. Заміни даних по поглинальній здатності біооб'єктів матимуть змогу використовуватись і у вигляді статистичних, діагностичних параметрів разом з функціональними змінами організму пацієнта.

Завдяки цьому, запропонований автоматичний метод для фізіотерапії, буде забезпечувати контрольованість дози енергії ультрафіолетового випромінювання що буде поглинатись з визначеним діапазоном частот модуляцій, а також буде забезпечувати здатність обирати потрібну частоту модуляцій, з максимальними поглинальними здатностями у процесі

опромінення біооб'єкту, який без супереч може підвищувати ефективну здатність лікування. Поміж тим, контролювання рівня поглинання УФ випромінювання під час процесу процедур може надавати здатність оцінювання біо-ефективності та здатності до прогнозування реакцій шкіри хворого на процедуру.

Дана автоматична система по проведенню фізіотерапевтичних задач доволі сильно полегшує завдання з встановлення параметрів для лікування, також має змогу збільшити об'єктивність та забезпечити здатність визначення кореляційної залежності поглинаючого рівня та фізіотерапевтичною ефективністю. Контрольованість дози опромінення і енергії ультрафіолету, що поглинається надає змогу оптимізації джерело випромінювання.

Здійснення зміни з часом енергетичного ультрафіолетового випромінювання за допомогою частот біоритмів організму людини завдяки автоматичному керуванню різноманітними правилами по роботі з приладами разом з використаннями мікропроцесорних пристроїв та разом з об'єднанням із діагностичними можливостями, зможе в достатній мірі мати достатній рівень ефективності під час лікувальних дій шкірних захворювань у фізіотерапії [46].

3.5 Висновки до третього розділу

У третьому розділі є моделювання процесів по впливу ультрафіолетового опромінення на біооб'єкт. Була створена модель що буде надавати можливість взаємодіяти УФ випромінюванню та БО за для розкриття критеріїв по фізіотерапевтичній ефективності, на основі якої буде визначатись зміни властивостей поглинання різних шарів БО, завдяки опроміненню.

Був створений алгоритм по роботі з системою динамічного ультрафіолетового випромінювання на основі СВД матриці. І з її допомогою є можливість керування просторовими та енергетичними модуляціями ультрафіолетової СВД матриці.

Було створено структурну схему приладу для опромінення біо-

середовища.

Було запропоновано автоматичну фізіотерапевтичну систему по динамічному опроміненню людського епідермісу, що в свою чергу надала можливість в великій мірі спростити процес встановлення параметрів по лікуванню, має змогу підвищити правдивість і забезпечити автоматичність модуляційного процесу та визначення залежностей по кореляції.

РОЗДІЛ 4 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

4.1. Визначення стадій технологічного процесу та загальної тривалості проведення науково-дослідних робіт

Економічне обґрунтування дипломної роботи магістра є суттю даного розділу, оскільки, дозволяє встановити доцільність проведення науково-дослідних робіт і економічно обґрунтувати доцільність застосування тих чи інших засобів.

Метою дипломної роботи магістра є дослідження методів та засобів побудови спеціалізованих комп'ютерних систем для аутентифікації особи.

Як відомо, розробка надійної і ефективної системи вимагає значних затрат часу. Слід зауважити, що затрати часу залежать від кваліфікації розробника і його можливостей. Розробник повинен у достатній мірі володіти навиками програмування, вміти адекватно застосовувати математичний апарат, бути добре обізнаним з об'єктом дослідження.

Розробку даної системи можна поділити на такі етапи:

- 1) постановка задачі;
- 2) збір інформації по тематиці роботи наступне її опрацювання;
- 3) прийняття рішень щодо вибору оптимального шляху розв'язання поставленої задачі;
- 4) аналіз математичної моделі та методів побудови спеціалізованих комп'ютерних систем для аутентифікації особи;
- 5) розробка алгоритму програми для аутентифікації особи;
- 6) налаштування середовища розробки і роботи вже готової програми;
- 7) написання програми;
- 8) написання і оформлення документації.

Для оцінки тривалості виконання окремих робіт використовують нормативи часу або попередній досвід. До таких нормативів відносять

тривалість написання операцій (команд), які в деяких підприємствах становлять: для однієї операції - 0,5-1,6 год та 8 годин для п'яти операцій (тривалість зміни).

У разі їх відсутності звертаються до експертних оцінок по встановленню тривалості кожного етапу (стадії):

при трьох оцінках:

$$T_{вс} = (t_{min} + 4t_{н.й} + t_{max}) / 6, \quad (4.1)$$

при двох оцінках:

$$T_{вс} = (3t_{min} + 2t_{max}) / 5, \quad (4.2)$$

де $T_{вс}$ – очікуване (середнє) значення тривалості виконання етапу (стадії); $t_{min.}$, $t_{н.й.}$, t_{max} – відповідно мінімальна, найбільш імовірна і максимальна оцінки тривалості виконання етапу (стадії).

Для визначення загальної тривалості проведення науково-дослідних робіт (розробки програмного продукту) доцільно дані витрат часу на виконання окремих стадій (етапів) звести у таблицю 4.1.

Витрати часу наукового керівника на виконання окремих стадій (етапів) при недостатній кількості інформації доцільно приймати в межах 5% сумарних витрат часу інженерів на виконання цих стадій (етапів).

Таблиця 4.1.

Основні етапи і час їх виконання у НДР

з/п	Етап	Середній час виконання етапу, год	
		інженер	керівник
	2	3	4
	постановка задачі	3	7
	збір потрібної інформації і наступне її опрацювання	15	5

	прийняття рішень щодо вибору оптимального шляху розв'язання поставленої задачі	3	2
	аналіз математичної моделі та методів побудови спеціалізованих комп'ютерних систем для аутентифікації особи	15	8
	розробка алгоритму програми для аутентифікації особи	11	5
	налаштування середовища розробки і роботи вже готової програми	3	1
	написання програми	85	5
	написання і оформлення документації	20	7
	разом	155	40

4.2. Визначення витрат на оплату праці та відрахувань на соціальні заходи

Відповідно до Закону України «Про оплату праці» заробітна плата – це «винагорода, обчислена, як правило, у грошовому виразі, яку власник або уповноважений ним орган виплачує працівникові за виконану ним роботу».

Розмір заробітної плати залежить від складності та умов виконуваної роботи, професійно-ділових якостей працівника, результатів його праці та господарської діяльності підприємства. Заробітна плата складається з основної та додаткової оплати праці.

Основна заробітна плата нараховується на виконану роботу за тарифними ставками, відрядними розцінками чи посадовими окладами і не залежить від результатів господарської діяльності підприємства.

Додаткова заробітна плата – це складова заробітної плати працівників, до якої включають витрати на оплату праці, не пов'язані з виплатами за фактично відпрацьований час. Нараховують додаткову заробітну плату залежно від досягнутих і запланованих показників, умов виробництва, кваліфікації виконавців. Джерелом додаткової оплати праці є фонд матеріального стимулювання, який створюється за рахунок прибутку.

Основна з/п складається із прямої з/п і доплати, яка при укрупнених розрахунках становить 25% – 35% від прямої з/п. При розрахунку з/п кількість робочих днів в місяці слід приймати – 21 дні/міс., що відповідає 168 год./міс. Розмір місячних окладів керівника та інженерів слід приймати згідно існуючих на даний час норм. Основна заробітна плата розраховується за формулою:

$$Z_{осн} = T_c \times K_z, \quad (4.3)$$

де T_c – тарифна ставка, грн.;

K_z - кількість відпрацьованих годин.

Посадові оклади (тарифні ставки) за розрядами Єдиної тарифної сітки визначаються шляхом множення окладу (ставки) працівника 1 тарифного розряду на відповідний тарифний коефіцієнт. У разі коли посадовий оклад (тарифна ставка) визначені у гривнях з копійками, цифри до 0,5 відкидаються, від 0,5 і вище - заокруглюються до однієї гривні. У 2019 році посадові оклади (тарифні ставки) розраховуються згідно з Законом України «Про Державний бюджет України на 2019 рік».

Мінімальна зарплата в 2019 р. складає 4173,00 грн., в погодинному розмірі 25,13 грн., прийmemo 80,00 грн. для інженера, для керівника – 130,00 грн.

Тарифні ставки: керівник проекту – 130,00 грн./год., інженер – 80,0 грн./год.

Основна заробітна плата становитиме:

$$Z_{осн} = T_{осн} \times K_{ГОД} \quad (4.4)$$

Керівник проекту:

$$Z_{осн} = 130,00 \text{ грн.} \times 40 \text{ год.} = 5200,00 \text{ грн.}$$

Інженер:

$$Z_{осн} = 80,00 \text{ грн.} \times 155 \text{ год.} = 12400,00 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна плата становить 10 – 15% від суми основної заробітної плати:

$$Z_{дод} = Z_{осн} \times K_{додл}, \quad (4.5)$$

де $K_{додл}$ – коефіцієнт додаткових виплат працівникам 0,1.

Керівник проекту:

$$Z_{дод} = 5200,00 \text{ грн.} \times 0,15 = 780,00 \text{ грн.}$$

Інженер:

$$Z_{дод} = 12400 \text{ грн.} \times 0,10 = 1240,00 \text{ грн.}$$

Звідси загальні витрати на оплату праці ($B_{ОП}$) визначаються за формулою (4.6) і становлять:

$$B_{ОП} = Z_{осн} + Z_{дод} \quad (4.6)$$

Керівник проекту:

$$B_{ОП} = 5200,00 + 780,00 = 5980,00 \text{ грн.}$$

Інженер:

$$B_{ОП} = 12\,400,00 + 1240,00 = 13640,00 \text{ грн.}$$

Таким чином загальна сума становить 19620,00 грн. Крім того, слід визначити відрахування на соціальні заходи:

– податок на доходи фізичних осіб: 18%	3531,60 грн.;
– військовий збір 1,5%	294,30 грн.;
– єдиний внесок 22%	4316,40 грн..

У сумі зазначені відрахування становлять 41,5%. Отже, загальна сума відрахувань на соціальні заходи становитиме:

$$B_{С.З.} = \text{ФОП} \times 0,415 \quad (4.7)$$

$$B_{С.З.} = 19620,00 \text{ грн.} \times 0,415 = 8142,30 \text{ грн.},$$

де ФОП – фонд оплати праці, грн.

Проведені розрахунки витрат на оплату праці зведемо у наступну табл.

4.2.

Таблиця 4.2.

Зведені розрахунки витрат на оплату праці

п/п	Категорія працівників	Основна заробітна плата, грн.			Додаткова заробітна плата, грн.	Нарах. на ФОП, грн.	Всього витрати на оплату праці, грн. 8=5+6+7
		Тарифна ставка, грн.	відпрацьов	Фактично нарах. з/пл., грн.			
	2	3	4	5	6	7	8
.	Керівник проекту	1 30	4 0	520 0,00	7 80,00	248 1,70	846 1,70
.	Інженер	8 0	1 55	124 00,00	1 240,00	566 0,60	193 00,60
Разом				176 00,00	2 020,00	814 2,30	277 62,30

4.3. Розрахунок витрат на електроенергію

Затрати на електроенергію 1-ці обладнання визначаються за формулою:

$$Z_e = W \times T \times S, \quad (4.8)$$

де W – необхідна потужність, кВт;

T – кількість годин роботи обладнання;

S – вартість кіловат-години електроенергії.

Згідно з постановою НКРЕКП України від 05.10.2018 р. № 1177 вартість електроенергії становить 243,71 коп./кВт.год.

Потужність комп'ютера – 380 Вт з підключеним маршрутизатором, кількість годин роботи обладнання згідно таблиці 4.1 – 250 годин.

$$Z_e = 0,380 \times 250 \times 2.4371 = 231,52 \text{ грн.}$$

4.4 Розрахунок витрат на матеріали

Результати розрахунку затрат на матеріали зводяться в таблицю 4.3.

Таблиця 4.3.

Визначення величини затрат на матеріал

Найменування матеріальних ресурсів	Одиниця виміру	Норма витрат	Ціна за одиницю, грн	Затрати матеріалів, грн	Транспортно-заготівельні витрати, грн	Загальна сума витрат на матеріали, грн
Папір А4-80	пачка	1	10,00	10,00	-	10,00
Ватман	шт.	0	10,00	0,00	-	0,00
Заправка картриджа для лазерного принтера	шт.	1	90,00	90,00	-	90,00
Плата за користування	грн.	1	12,00	12,00	-	12,00

Інтернетом						
Разом						31 0,00

4.5 Розрахунок суми амортизаційних відрахувань

Характерною особливістю застосування основних фондів у процесі виробництва є їх відновлення. Для відновлення засобів праці у натуральному виразі необхідне їх відшкодування у вартісній формі, яке здійснюється шляхом амортизації.

Амортизація – це процес перенесення вартості основних фондів на вартість новоствореної продукції з метою їх повного відновлення.

Комп'ютери та оргтехніка належать до четвертої групи основних фондів. Для цієї групи річна норма амортизації дорівнює 60 % (квартальна – 15 %).

Для визначення амортизаційних відрахувань застосовуємо формулу:

$$A = \frac{B_e \cdot H_a}{100} \quad (4.9)$$

де A – амортизаційні відрахування за звітний період, грн.,

B_e – балансова вартість комп'ютера, на початок звітного періоду, грн..

H_a – норма амортизації, %.

$$A = \frac{17000,00 \cdot 15\%}{100\%} = 2550,00 \text{ грн.}$$

4.6 Обчислення накладних витрат

Накладні витрати пов'язані з обслуговуванням виробництва, утриманням апарату управління підприємства (фірми) та створення необхідних умов праці.

Накладні витрати можуть становити 20% від суми основної та додаткової заробітної плати працівників:

$$H_e = B_{O.IX} \cdot 0,2, \quad (4.10)$$

$$H_e = 19620,00 \text{ грн.} \cdot 0,2 = 3924,00 \text{ грн.}$$

де H_e – накладні витрати, грн.,

$B_{O.II}$ – суми основної та додаткової заробітної плати працівників, грн..

4.7 Складання кошторису витрат та визначення собівартості науково-дослідних робіт

Результати проведених вище розрахунків зведемо у табл. 4.4. Собівартість (C_B) науково-дослідних робіт розраховуємо за формулою:

$$C_B = B_{O.II} + B_{C.Z.} + 3M.V. + 3e + T_B + A + H_e, \quad (4.11)$$

$$C_B = 19620,00 + 8142,30 + 310,00 + 231,52 + 2550,00 + 3924,00 = 34777,82$$

грн.

Таблиця 6.4.

Кошторис витрат на науково-дослідних робіт

Зміст витрат	Сума, грн.	В % до загальної суми
1	2	3
Витрати на оплату праці (основну і додаткову заробітну плату)	19620,00	56,42
Відрахування на соціальні заходи	8142,30	23,41
Матеріальні витрати	310,00	0,89
Витрати на електроенергію	231,52	0,67
Амортизаційні відрахування	2550,00	7,33

Накладні витрати	3924,00	11,28
Собівартість	34777,82	100

4.8 Розрахунок ціни науково-дослідних робіт

Ціну науково-дослідних робіт можна визначити за формулою:

$$Ц = \frac{C_B \cdot (1 + P_{рен}) + K \cdot B_{н.і.}}{K} \quad (4.12)$$

$P_{рен.}$ – рівень рентабельності, 30 %;

K – кількість замовлень;

$B_{н.і.}$ – вартість носія інформації, грн.

Таким чином ціна рівна 45321,17 грн.

Визначимо величину прибутку:

$$П = Ц - C_B \quad (4.13)$$

Згідно формули 4.13 отримаємо 10543,35 грн.

4.9 Визначення економічної ефективності і терміну окупності капітальних вкладень

Ефективність виробництва – це узагальнене і повне відображення кінцевих результатів використання робочої сили, засобів та предметів праці на підприємстві за певний проміжок часу.

Економічна ефективність (E_P) полягає у відношенні результату виробництва до затрачених ресурсів:

$$E_P = П / C_B, \quad (4.14)$$

де $П$ – прибуток;

C_B – собівартість.

$$E_P = 10543,35 / 34777,82 = 0,30$$

Поряд із економічною ефективністю розраховують термін окупності капітальних вкладень (T_p):

$$T_p = E_p \quad (4.15)$$

$$T_p = 1 / 0,30 = 3,33 \text{ р.}$$

Про доцільність розробки програми можна сказати при врахуванні наступних критеріїв:

Таблиця 4.5.

Техніко-економічні показники НДР

№ п/п	Показник	Значення
1	Собівартість, грн.	34777,82
2	Плановий прибуток, грн.	10543,35
3	Ціна, грн.	45321,17
4	Економічна ефективність	0,30
5	Термін окупності, рік	3,33

У результаті проведення розрахунків можна зробити висновок: розробка матиме оптимальну економічну ефективність 0,3 і термін окупності становитиме 3,33 року.

4.10 Висновок до розділу 4

Варто зазначити, що дані розрахунки носять номінальний характер і основна їх мета оцінити приблизну вартість дослідження та створення даного продукту. Номінальний характер розрахунків зумовлений тим, що даний програмний продукт має дослідницьке призначення.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Охорона праці

Ультрафіолетове випромінювання

УФ-випромінювання впливає на організм як позитивно — необхідне, щоб повноцінно функціонував організм, так і негативно — є небезпека переопромінення.

Таке випромінювання має високу сорбційність: його поглинає більшість поверхонь, зокрема і тіло людини. УФ-промені проникають у шкіру на глибину 3-4 мм.

УФ-промені стимулюють біологічні процеси. Природне освітлення, особливо, сонячні промені, є достатнім для організму людини джерелом УФ-випромінювання. Якщо ж людина позбавлена впливу УФ-променів чи він недостатній, це може завдати шкоди здоров'ю.

Біологічна активність УФ-променів залежить від довжини хвилі. Промені з довжиною хвилі до 280 нм у незначних дозах сприятливо впливають на організм і особливого захисту від опромінювання не потрібно. Проте у моєму випадку довжина хвилі становить 311 нм, а це означає, що необхідно влаштувати захист для людей, що будуть працювати з розробленим приладом.

При самій роботі з ультрафіолетовим випромінюванням потрібно, згідно з розділом XI, **статтею 158** кодексу законів про працю України (затверджений Законом № 322-VIII від 10.12.71 ВВР), знижувати інтенсивність випромінювань. Саме тому в будову даного пристрою включено деталі, для захисту від надмірного ультрафіолетового випромінювання, який може потрапити на людину, що працює з даним прибором. Матриця світлодіодів повинна бути обмежена пластиковими бортами, щоб зменшити можливість опромінення лікаря, що буде працювати з приладом. Самі борти повинні бути

виготовлені з міцного, нетоксичного, електроізоляційного та непрозорого матеріалу, що буде мати змогу забезпечити надійне закріплення усіх елементів приладу, та попереджувати непотрібні ризики відносно пацієнтів та обслуговуючого персоналу.

Також у тому ж розділі кодексу законів про працю України є **стаття 163** де вказано, що на роботах із шкідливими та небезпечними умовами праці, а також роботах, пов'язаних із забрудненням або здійснюваних у несприятливих температурних умовах, працівникам видаються безплатно за встановленими нормами спеціальний одяг, спеціальне взуття та інші засоби індивідуального захисту. Або ж у **статті 164** вказано, що власник або уповноважений ним орган повинен компенсувати працівникові витрати на придбання спецодягу та інших засобів індивідуального захисту, якщо встановлений нормами строк видачі цих засобів порушено і працівник був змушений придбати їх за власні кошти.

Таким спеціальним одягом для роботи з ультрафіолетом можна вважати спеціальні окуляри, що можуть захищати від даного типу випромінювання, щоб не шкодити зору людей, які будуть працювати з даним приладом. І такі окуляри, за правилами техніки безпеки будуть обов'язковими для роботи з цим пристроєм.

Також у **статті 169** вказано про обов'язкові медичні огляди працівників певних категорій. А при роботі з ультрафіолетовим випромінюванням, при потраплянні на шкіру є небезпека появи онкологічних захворювань шкіри, тому при роботі з даним приладом є можливість потрапляння до переліку працівників з цих певних категорій.

Найнебезпечніші — локальні реакції. Через інтенсивний вплив УФ-радіації можуть виникнути професійні дерматити з дифузною еритемою й ексудацією, ураження слизової та рогової оболонок ока — гострі кератокон'юнктивіти (електроофтальмія), катаракта.

Електроофтальмія визначена у **пункті 6** розділу III «Захворювання, викликані дією фізичних факторів» Переліку професійних захворювань (Затверджений постановою КМУ від 8 листопада 2000 року). Це професійне

захворювання, що розвивається внаслідок впливу на око випромінювання електричних джерел світла з великою кількістю УФ-променів. Найуразливіші до цього захворювання — ті, хто працює в умовах інтенсивного УФ-опромінювання.

Також у **пункті 7** цього ж розділу є визначеною і катаракта, адже протягом усього життя кришталік захищає сітківку ока, поглинаючи велику частину ультрафіолетових променів. Дія УФ-випромінювання на кришталік носить накопичувальний (кумулятивний) характер і проявляється з роками, але при надмірному опроміненні ультрафіолетом швидкість розвитку цього захворювання може пришвидшуватись.

Проте і від розвитку електроофтальмологій, і розвитку від катаракти може захистити вказані вище засоби по захисту очей.

Також в **1 пункті** розділу 7 наведені приклади онкологій, що можуть утворюватись при надмірній дії ультрафіолетового випромінювання, і від цього захищає вже наведені вище бортики, які обмежують випромінювання від СВД, а також особливість самих діодів, що будуть використовуватись в даному приладі. Вони мають малий кут опромінювання, а тому можливість опромінення ділянок, які не потребують цього, практично виключена. А також і розсіювання випромінювання буде мінімально і це може забезпечити від надмірного опромінення оператора приладу, який буде використовуватись.

5.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

1. Визначення режимів радіаційного захисту робітників і службовців в лабораторіях, цехах по виготовленню окремих деталей ЕМА.

Протирадіаційний і протихімічний захист (ПР і ПХЗ) передбачає виявлення та оцінку радіаційної і хімічної обстановки, розроблення та впровадження спеціальних режимів радіаційного захисту, дозиметричного та хімічного контролю, заходів щодо продовольства і води від зараження, своєчасного оповіщення населення про радіаційну і хімічну небезпеку.

Режими радіаційного захисту робітників і службовців та виробничої діяльності об'єкта

Під режимом радіаційного захисту робітників та службовців і виробничої діяльності об'єкта розуміють встановлений порядок дій людей, застосування засобів і способів захисту в зонах радіоактивного зараження, що виключає радіаційне ураження людей понад встановлених норм і скорочує до мінімуму вимушену зупинку виробництва.

Режим радіаційного захисту (режим роботи) вводиться при тривалому перебуванні людей в зонах радіоактивного зараження для того, щоб забезпечити виробничий процес на об'єкті і життєдіяльність населення, зберігаючи при цьому працездатність людей. Це досягається регламентацією знаходження людей в захисних спорудах, в виробничих і житлових будинках і на відкритій місцевості з урахуванням захисних властивостей будинків і споруд і рівня радіації.

Режими захисту (режими роботи) розробляються завчасно (в мирний час) для дискретних значень рівнів радіації; очікуваних на об'єкті, на території регіону і є складовою частиною документів по управлінню виробничим процесом в умовах зараження.

Типові режими радіаційного захисту робітників і службовців

і непрацюючого населення.

Розроблено сім типових режимів радіаційного захисту для найбільш типових умов проживання (типів житлових будинків), типів захисних споруд, які використовуються і їх захисних властивостей (коефіцієнти ослаблення випромінювання $K_{осд}$).

Типові режими №№ 1-3 розроблені для непрацюючого населення.

Типові режими №№ 4-7 - для захисту робітників і службовців на об'єктах господарювання.

Типові режими № 8 - для формувань ЦЗ при проведенні аварійно-рятувальних робіт. Порядок вибору режиму радіаційного захисту:

1. Вимірюється рівень радіації на зараженій місцевості.
2. Перераховують рівень радіації на 1 год. після вибуху.
3. В збірнику таблиці режимів вибирають номер типових режимів, що відповідають умовам проживання і типам захисних споруд, які використовуються для захисту людей.
4. Входять в таблицю рівнем радіації на 1 год. і відповідну йому інформацію щодо порядку дій, доводять до населення по радіомережі.

Дозиметричний та хімічний контроль

Дозиметричний та хімічний контроль включає комплекс організаційних і технічних заходів, що проводяться з метою не допустити ураження людей вище допустимих норм. Організується штабом і службами ЦЗ об'єкта і проводиться командирами формувань і шлами розвідувальних підрозділів: групами (ланками) радіаційної і хімічної розвідки; розвідниками - дозиметристами і розвідниками - хіміками.

Дозиметричний контроль включає: контроль опромінення людей і контроль радіоактивного зараження (забруднення). Контроль опромінення людей поділяють на груповий і індивідуальний.

Груповий контроль проводиться з метою отримання даних про середню дозу опромінення особового складу формування ЦЗ,

робочої бригади, населення для того, щоб не допустити перевищення встановлених (допустимих) норм.

Для контролю дози опромінення застосовують дозиметричні прилади (вимірювачі дози ИД-1 або дозиметри із комплексів ДП-24, ДП-22В).

При груповому контролі дозиметри видають перед виходом на заражену місцевість за таким розрахунком: один дозиметр на ланку; один-два - на виробничу бригаду, групу з 14-20 чоловік; особам, що діють окремо від своїх підрозділів, - кожному по дозиметру. Видача дозиметрів здійснюється по відомості під розписку. Після виходу із зони зараження або в установлений час (не менше одного разу на добу) ведеться облік показань дозиметрів командиром (начальником) або призначеною особою. Дані заносяться в журнал (відомість) контролю доз опромінення особового складу формування ІДО, бригади, а сумарні дози - в індивідуальну картку обліку доз опромінення. Доза опромінення населення (Д) визначається розрахунком за формулою:

$$D = P_{\text{ср}} * T / K_{\text{осл}}$$

(6.1)

де Т — час перебування людей на зараженій місцевості, год; $K_{\text{осл}}$ - коефіцієнт послаблення радіації будинками (спорудами) в яких перебували люди /Просто неба $K_{\text{осл}} = 1$; $P_{\text{ср}}$ - середній рівень радіації в зоні перебування людей, Р/год.

$$P_{\text{ср}} = P_1 + P_2 + \dots + P_n \quad (6.2)$$

де $P_1 + P_2 + \dots + P_n$ - рівні радіації, виміряні через однакові проміжки часу на протязі перебування людей в зоні зараження; n - кількість вимірів.

Рівні радіації вимірюють приладом ДП-5 з інтервалом: в першу добу після зараження - через 0,5-1 год.; в другу добу - через 1-2 год.; в третю і наступні доби - через 3-4 год.

Індивідуальний контроль опромінення проводиться для первинної діагностики ступеню тяжкості променевої хвороби. Для контролю індивідуальних доз опромінення особовому складу формувань,

робітникам і службовцям видаються індивідуальні вимірювачі дози ИД-11, які забезпечують вимірювання поглинутої дози в діапазоні від 10 до 1500 рад.

Контроль радіоактивного забруднення здійснюється з метою визначення ступеню забруднення радіоактивними речовинами людей, їх одягу і взуття, засобів індивідуального захисту, тварин, продуктів, води, фуражу, обладнання, техніки та інших об'єктів для визначення можливості їх використання і захисту людей і тварин від радіаційного ураження.

Ступінь і небезпека радіоактивного забруднення об'єктів польових умовах визначається шляхом замірів потужності дози випромінювання від поверхні цих об'єктів приладами (ДП-5, ІМД-ІР та ін.) в мР/год. та порівняння їх з допустимими нормами, що зазначені в Нормах радіаційної безпеки НРБУ-97 і Основних санітарних правилах ОСП-72/87.

Ступінь радіоактивного зараження (забруднення) продовольства і води може визначатися також в радіометричних лабораторіях більш точно в одиницях активності - Кюрі на кілограм, літр. Проби хліба, м'яса, риби, твердих жирів беруть шляхом зрізання ножем поверхневого шару товщиною 10 мм. Зрізані шари складають зараженою поверхнею один до одного, поміщають в скляний посуд або поліетиленових мішок і маркують. На пробі указують вид проби, де взята проба, дату і час зараження і взяття проби.

При відборі проб рідких продуктів перед тим їх перемішують. Пробу води із водоймища беруть водозабірним пристроєм з поверхневого і донного шарів разом із збаламученим донним ґрунтом і поміщають в скляну банку 0,5л.

Контроль радіоактивного зараження об'єктів проводиться поза зоною зараження, але при необхідності і на зараженій місцевості.

Контроль може бути загальним (контролюється 100% людей і

техніки), вибірковим (перевіряється тільки те, що найбільш забруднене, або від третини до половини особового складу і техніки).

2. Безпека життєдіяльності персоналу підприємств по виготовленню ЕМА в умовах надзвичайних ситуацій техногенного походження.

Надзвичайна ситуація (НС) - стан, при якому в результаті впливу природних або техногенних факторів на певній території, акваторії або об'єкті порушуються нормальні умови життєдіяльності людей, виникає загроза їхньому життю й здоров'ю, наноситься збиток майну населення, народному господарству й навколишньому природному середовищу.

Під джерелом НС розуміють небезпечне природне явище, аварію або небезпечну техногенну подію, широко розповсюджену інфекційну хворобу людей, сільськогосподарських тварин і рослин.

НС виникають при стихійних явищах (землетрус, повінь, зсуви й т.д.), при техногенних аваріях. Найбільшою мірою аварійність властива вугільній, гірничорудній, хімічній, нафтогазовій і металургійній галузям промисловості, геологорозвідці, об'єктам котлонагляду, газового й підземного транспортного господарства, а також транспорту.

Основними причинами великих техногенних аварій є:

1. відмови технічних систем через дефекти виготовлення й порушень режимів експлуатації;

2. концентрація різних виробництв у промислових зонах без належного вивчення їхнього взаємовпливу;

3. високий енергетичний рівень технічних систем;

4. зовнішній негативний вплив на об'єкти енергетики, транспорту й ін.

НС підрозділяються такі рівні: локальний, місцевий, об'єктний, регіональний і планетарний.

Локальна НС - поширення наслідків обмежене виробничим приміщенням.

Об'єктна НС - поширення наслідків обмежене обсягом і територією

об'єкта.

Місцева НС - поширення наслідків обмежене територією міста (району) або області.

Регіональна НС - поширення наслідків обмежене територією краю, кількох областей.

Планетарна НС - поширення наслідків обмежене територією краю, кількох суміжних країн.

Безпосередньо з інформуванням населення про загрозу виникнення НС, правилами поведінки та способами дій в цих умовах пов'язане оповіщення, тобто доведення сигналів і повідомлень органів управління про загрозу та виникнення НС, аварій, катастроф, епідемій, пожеж тощо до центральних і місцевих органів виконавчої влади, підприємств, установ, організацій і населення.

Система оповіщення – це комплекс організаційно-технічних заходів, апаратури і технічних засобів оповіщення, апаратури, засобів та каналів зв'язку, призначених для своєчасного доведення сигналів та інформації про виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру до центральних і місцевих органів виконавчої влади, підприємств, установ, організацій і населення [47].

Основною ланкою в системі цивільного захисту держави є об'єкт господарювання (підприємство, установа, організація). Саме на об'єкті, де зосереджено людські і матеріальні ресурси, здійснюють економічні і захисні заходи.

Відповідно до законодавства, керівництво підприємств, установ і організацій незалежно від форм власності і підпорядкування забезпечує своїх працівників засобами індивідуального та колективного захисту, місцем у захисних спорудах, організовує евакуаційні заходи, створює сили для ліквідації наслідків НС та забезпечує їх готовність, виконує інші заходи з цивільного захисту і несе пов'язані з цим матеріальні та фінансові витрати. Власники потенційно небезпечних об'єктів, як вище позначалося, відповідають також за

оповіщення і захист населення, що проживає в зонах можливого ураження від наслідків аварій на цих об'єктах.

Начальником цивільного захисту (ЦЗ) об'єкта є керівник об'єкта. Він відповідає за організацію і стан ЦЗ об'єкта, керує діями органів і сил ЦЗ під час проведення рятувальних робіт на ньому. Заступники начальника ЦЗ об'єкта допомагають йому з питань евакуації, матеріально-технічного постачання, інженерно-технічного забезпечення тощо.

Органом повсякденного управління ЦЗ є відділ (сектор) з питань НС та ЦЗ, який організовує і забезпечує повсякденне керівництво виконанням завдань ЦЗ на об'єкті.

Для підготовки та втілення в життя заходів з окремих напрямів створюють служби зв'язку та оповіщення, сховищ і укриттів, протипожежної охорони, охорони громадського порядку, медичної допомоги, протирадіаційного і протихімічного захисту, аварійно-технічного та матеріально-технічного забезпечення тощо. Начальниками служб призначають начальників установ, відділів, лабораторій, на базі яких вони утворюються.

Службу зв'язку та оповіщення створюють на базі вузла зв'язку об'єкта. Головні завдання служби – забезпечити своєчасне оповіщення керівного складу та службовців про загрозу аварії, катастрофи, стихійного лиха, нападу противника; організувати зв'язок і підтримувати його в стані постійної готовності.

Протипожежну службу створюють на базі підрозділів відомчої пожежної охорони. Служба розробляє протипожежні профілактичні заходи і контролює їх виконання; організовує локалізацію і гасіння пожежі.

Медичну службу формують на базі медичного пункту, поліклініки об'єкта. На неї покладають організацію проведення санітарно-гігієнічних та профілактичних заходів, надання медичної допомоги потерпілим та евакуацію їх у лікувальні установи, медичне обслуговування робітників, службовців і членів їхніх сімей у місцях розосередження.

Службу охорони громадського порядку створюють на базі підрозділів відомчої охорони. Її завдання – організувати і забезпечити надійну охорону об'єкта, громадського порядку в умовах НС, під час ліквідації наслідків аварії, стихійного лиха, а також у воєнний час.

Службу протирадіаційного і протихімічного захисту організують на базі хімічної лабораторії чи цеху. На неї покладають розробку та здійснення заходів щодо захисту робітників і службовців, джерел водозабезпечення, радіаційного і хімічного спостереження, проведення заходів з ліквідації радіаційного і хімічного зараження та здійснення дозиметричного контролю.

Службу сховищ та укриттів організують на базі відділу капітального будівництва, житлово-комунального відділу. Вона розробляє план захисту робітників, службовців та їх сімей з використанням сховищ та укриттів, забезпечує їх готовність та правильну експлуатацію.

Аварійно-технічну службу створюють на базі виробничо-технічного відділу або відділу головного механіка. Служба розробляє та здійснює попереджувальні заходи, що підвищують стійкість основних споруд, інженерних мереж та комунікацій у НС, організовує проведення робіт з ліквідації і локалізації аварії на комунально-енергетичних мережах.

Службу матеріально-технічного забезпечення створюють на базі відділу матеріально-технічного постачання об'єкта. Вона організовує своєчасне забезпечення формувань усіма засобами оснащення, постачання продуктів харчування і предметів першої необхідності робітників та службовців на об'єкті та у місцях розосередження, ремонт техніки і майна.

Транспортну службу організують на базі транспортного відділу, гаражу об'єкта. Вона розробляє і здійснює заходи із забезпечення перевезень, пов'язаних із розосередженням працівників та доставки їх до місця роботи, проведення рятувальних робіт.

Кожна служба створює, забезпечує, готує відповідні формування служби (команди, групи, ланки) і керує ними під час виконання робіт [48].

РОЗДІЛ 6 ЕКОЛОГІЯ

6.1 Зв'язок між станом навколишнього середовища та здоров'ям людини

Одним з найважливіших нормативних показників успішності природокористування щодо охорони природи є здоров'я людини. Стан навколишнього середовища і здоров'я людини - тісно пов'язані між собою явища. Здорове природне середовище сприяє оздоровленню людського організму. Негативні екологічні явища на певних територіях сприяють виникненню тих чи інших захворювань, зумовлюють підвищення смертності, скорочення середньої тривалості життя.

Здоров'я людини є наслідком взаємодії соціальних та природних факторів. Негативний вплив факторів зовнішнього середовища може бути нейтралізований, практично зведений до мінімуму цілим рядом факторів соціального характеру, серед яких: побутові умови, культурний рівень, система охорони здоров'я, особливості виробничих відносин.

Здоров'я людини це не лише відсутність хвороби. Це також здатність організму швидко адаптуватись до постійно змінюючихся умов середовища, здатність до оптимальних виконань професійних та інших функцій. Необхідно підкреслити, що здорова людина не здатна пристосовуватись до будь-яких змін середовища. Адаптація має свої межі. Це пов'язано з тим, що властивості організму людини, які формувались протягом тривалого періоду еволюції не здатні змінюватись з такою ж швидкістю, з якою змінюються технологічні процеси і навколишнє середовище.

До характеристики здоров'я входять:

- ряд демографічних показників – народжуваність, мертвонароджуваність, смертність, середня тривалість життя;

- захворюваність – загальна, окремих вікових груп, інфекційні, неінфекційні, хронічні неспецифічні захворювання, захворювання з тимчасовою втратою працездатності, госпіталізована захворюваність;
- фізичний розвиток;
- інвалідизація.

За даними наукових досліджень вплив факторів навколишнього середовища на здоров'я людини може бути гострим та хронічним. Більшість факторів в Україні справляють хронічний вплив.

Вплив Чорнобиля на стан навколишнього середовища та здоров'я людини є очевидним. Можна вважати доведеним, що тривале ураження низькими дозами радіації спричиняє патологічні зміни в організмі людини: викликає серцево-судинні захворювання, злоякісні пухлини, захворювання щитовидної залози, діабет, астму, зниження імунітету тощо.

Дуже важко розрізнити вплив різних факторів навколишнього середовища на здоров'я людини: радіація, забруднення повітря, якість питної води, відходи, пестициди тощо. Досліджень, що проведені на даний час, замало для цього. Хоча існують дослідження впливу забруднення навколишнього середовища на здоров'я людини, вони не мають систематичного характеру і не охоплюють усіх категорій населення та всіх областей України [49].

6.2 Екологія та ультрафіолетове випромінювання

Ультрафіолетове випромінювання (УФВ) - електромагнітне випромінювання оптичного діапазону з довжиною хвилі λ від 200 до 1000 нм і частотою від 1013 до 1016 Гц. УФІ являє собою невидиме оком електромагнітне випромінювання, що займає в електромагнітному спектрі проміжне положення між світлом і рентгенівським випромінюванням. Відноситься до області не іонізуючих випромінювань.

Будь-яке тіло, нагріте до 3000 К і вище, має в своєму спектрі ультрафіолетову компоненту. Чим вище температура тіла, тим у більшій мірі виявляється ультрафіолетова складова спектру.

За способом генерації УФІ відноситься до теплового випромінювання, за характером впливу на речовини - до іонізуючим випромінюванням. По біологічному ефекту виділяють три області УФІ: УФ-А ($\lambda = 400...280$ нм); УФ-В ($\lambda = 315...280$ нм); УФ-С ($\lambda = 280...200$ нм). УФІ більш короткого діапазону (від 180 нм і нижче) сильно поглинається всіма матеріалами і середовищами, у тому числі і повітрям, і тому може мати місце тільки в умовах вакууму.

Виходячи із специфічної біологічної ефективності, область УФІ-З також називають бактерицидною областю спектра, УФІ-В - еритемной та УФІ-А - общеоздоровительной.

Ультрафіолетові промені мають здатність викликати фотоелектричний ефект, проявляти фотохімічну активність, викликати люмінесценцію і володіють значною біологічною активністю.

Джерела ультрафіолетового випромінювання (УФ-випромінювання) можна розділити на природні і штучні.

Основним джерелом УФ-випромінювання природного походження є Сонце. З усього спектру УФ-випромінювання Сонця тільки невелика довгохвильова частина досягає земної поверхні ($\lambda > 0,29$ мкм). Інша частина УФ-спектра, в особливості короткохвильова, поглинається атмосферою, що надає сильний вплив на атмосферні процеси. Загальний потік УФ-випромінювання в областях А та Б становить 3...4% загальної енергії сонячних променів.

Велика кількість джерел УФ-випромінювання має техногенне походження: техногенні джерела, що мають температуру вище 2000 °С (лазерні установки, електричні дуги від зварювальних робіт, плазма, розплавлений метал, кварцове скло і т. п.), ртутні випрямлячі; люмінесцентні джерела (лампи газорозрядні та дугові ртутні), що використовуються у поліграфії, хімічному та деревообробному виробництві, сільському господарстві, при кіно - і

телезйомках, дефектоскопії та інших галузях виробництва, а також у охороні здоров'я.

Інтенсивним джерелом УФ-випромінювання з безперервним спектром є електронні потоки синхротронов, лінійних прискорювачів, потужних приладів НВЧ.

До техногенних джерел УФ-випромінювання належать понад 70 різних лазерних систем, що працюють в ультрафіолетовому та вакуумному ультрафіолетовому діапазоні.

До техногенних джерел УФ-випромінювання відносяться деякі металургійні печі і домни по виплавці високотемпературних металів і сплавів із застосуванням кисневого дуття, потужних електронних і плазмових потоків і т. п.

Величини УФ-випромінювання розрізняються за енергетичною природою і по ефективності впливу на біологічні об'єкти. Для біологічних об'єктів оцінюють бактерицидні і еритемні величини випромінювань.

В залежності від інтенсивності та довжини хвилі УФ-випромінювання діє двояко на живі організми. З одного боку, малі дози УФ-опромінення роблять благотворний вплив на людину і тварин, сприяючи утворенню вітамінів групи D. З іншого боку, УФ-опромінення надає шкідливе (небезпечне) дію на живі організми. Встановити межу дозволеного і згубного у ряді випадків буває дуже складно. Фізіологічна дія УФ-випромінювання проявляється в наступному: УФ-А призводить до флюоресценції; УФ-викликає зміни в складі крові, шкіри, впливає на нервову систему; УФ-С діє на клітини. УФ-випромінювання від виробничих джерел, в першу чергу електрозварювальних дуг, може стати причиною гострих і хронічних професійних уражень. Найбільш схильний до дії УФ-випромінювання зоровий аналізатор. УФ-випромінювання виробничих джерел здатні змінювати газовий склад атмосферного повітря внаслідок його іонізації. При цьому в повітрі утворюються високотоксичні гази озон і оксиди азоту, становлять велику професійну небезпеку, особливо при зварювальних роботах в обмежених, погано провітрюваних приміщеннях [50].

ВИСНОВКИ

У даній роботі вирішена задача по розширенню функціональних можливостей пристроїв фізіотерапії шляхом розробки методу та системи динамічного ультрафіолетового випромінювання. Проведені дослідження дозволяють зробити такі основні висновки.

Обґрунтовано вибір методу розрахунку розподілу енергії УФО пристроїв на основі матриці СВД, що дозволило оцінити вплив технічних характеристик світлодіодів на коефіцієнти відбиття і поглинання різними шарами шкіри.

Розроблено методику розрахунку розподілу випромінювання запропонованої автоматизованої системи на основі УФ світлодіодів з урахуванням технічних параметрів ДВ, що дозволила зробити розрахунок необхідної кількості СВД і розташування їх у випромінювачі при заданій інтенсивності впливу.

Розроблено автоматизований метод та систему впливу УФО на біооб'єкт, що дало змогу виявити критерії ефективності у фізіотерапії.

Створено структурну схему та алгоритм роботи фізичної моделі-пристрою для фізіотерапії, що дозволило автоматизовано керувати характеристиками та параметрами опромінення.

1. Псориаз (вопросы патогенеза, клиники, терапии) / В.М. Козин. – Витебск. Витебский государственный медицинский университет, 2007, 229 с.
2. Псориаз и псориатический артрит. Клиника, диагностика, лечение / В.А. Молочков, Е.С. Якубовская, Н.М. Мылов, Ю.В. Молочкова. – Москва. Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского, 2015. – 24 с.
3. Олисова О. Ю. Фототерапия псориаза / О. Ю. Олисова, И. Я. Пинсон // Лечащий врач. — 2005. — № 6. — Режим доступа : <https://www.lvrach.ru/2005/06/4532709/>
4. Дерматологія Фіцпатрика в клінічній практиці. В 3 т. [Текст] / К. Вольф, Л. А. Голдсмит, С. И. Кац [и др.]; пер. с англ. Під заг. ред. А. А. Кубанової. – М.: В-во Панфілова; БИНОМ. Лабораторія знань, 2012. – Т. 1. – 868 с.
5. Кубанова, А. А. Імуноморфологія и морфогенез джерел враження шкіри при псоріазі [Текст] / А. А. Кубанова, О. Р. Катуніна // Вестн. дерматол. венерол. – 2010. – № 1. – С. 70–79.
6. Кубанова, А. А. Молекулярно-генетичені дослідження схильності до розвитку псоріазу серед населення Російської Федерації: вивчення поліморфізмів генів TNFAIP3, TNIP1, TYK2 и REL [Текст] / А. А. Кубанова, А. А. Минеева // Вестн. дерматол. венерол. – 2014. – № 5. – С. 73–80.
7. Бабанін, В. А. Супресивний ефект вузькохвильової ультрафіолет В (311 нм) терапії на лімфоцитарну інфільтрацію в джерелі запалення при бляшечному псоріазі [Текст] / В. А. Бабанін // Укр. мед. альманах. – 2012. – Том 15, № 6. – С. 10–14.
8. Вивчення ліпідного спектру шкіри у хворих псоріазом [Текст] / С. Дмитрук, А. В. Зуев, В. М. Солятова [и др.] // Клин. дерматол. венерол. – 2011. – № 2. – С. 25–27
9. Загртдинова, Р. М. Судинні порушення у хворих псоріазом, можливості їх корекції [Текст] / Р. М. Загртдинова // Рос. журнал кожн. и венер. болезней. – 2006. – № 3. – С. 19–23.

10. Владімірова, Е. В. Фототерапія хронічних дерматозів вузькохвильовим ультрафіолетовим випромінюванням 311 нм [Текст] / Е. В. Владімірова, В. В. Владимиров // Клин. дерматол. венерол. – 2010. – № 3. – С. 82–86.

11. Горский, В. С. Вплив бактеріального імуномодулятора на рівень сироваткових прозапальних цитокінів у хворих псоріазом [Текст] / В. С. Горский, А. Л. Тищенко, Н. С. Руднева // Клин. дерматол. венерол. – 2012. – № 6. – С. 75–79.

12. Fry, L. Triggering psoriasis the role of infections and medications [Text] / L. Fry, B. S. Baker // Clin. Dermatol. – 2007. – Vol. 25. – P. 606–615.

13. Yawalkar, N. Management of psoriasis [Text] / N. Yawalkar // Bern: Karger. – 2009. – 196 p

14. Пінегін, Б. В. Роль клітин імунної системи и цитокінів в розвитку псоріазу [Текст] / Б. В. Пинегин, О. Л. Иванов, В. Б. Пинегин // Рос. журнал кожн. и венер. болезней. – 2013. – № 3. – С. 19–25.

15. Сучасні методи терапії хворих псоріазом [Текст] / Л. Ф. Знаменская, С. В. Яковлева, В. А. Волнухин, Е. В. Пирогова // Вестн. дерматол. венерол. – 2011. – № 1. – С. 11–14.

16. Владіміров, В. В. Роль класифікації фототипів шкіри при виборі раціональної фототерапії [Текст] / В. В. Владимиров // Вестн. дерматол. венерол. – 2009. – № 4. – С. 65–68.

17. Владіміров, В. В. Средньохвильове ультрафіолетове випромінювання широкого спектру (селективна фототерапія) в фототерапії хронічних дерматозів [Текст] / В. В. Владимиров, Е. В. Владімірова // Соврем. проблемы дерматовенерол., иммунол., врач. косметол. – 2009. – № 1. – С. 46–50.

18. Андрашко, Ю. В. Оптимальна комбінація емолієнта й фототерапії при псоріазі [Текст] / Ю. В. Андрашко, Т. І. Чечерська // Укр. журнал дерматол., венерол., косметол. – 2014. – № 4 (55). – С. 70–82.

19. Влияние узкополосной (311 нм) фототерапии на показатели клеточного и гуморального иммунитета у больных псориазом [Текст] / А. М. Талыбова, Е. В. Владимирова, О. Ю. Олисова, В. В. Владимиров // Клини. дерматол. венерол. – 2011. – № 1. – С. 80–82.

20. Бабанин, В. А. Макрофагальная активность – маркер эффективности лечения больных псориазом узкополосным ультрафиолетом В 311 нм [Текст] / В. А. Бабанин // Укр. журнал дерматол., венерол., косметол. – 2013. – № 2 (49). – С. 37–47.

21. Потекаев, Н. Н. Современный взгляд на топическую терапию псориаза [Текст] / Н. Н. Потекаев, Д. Н. Серов // Клини. дерматол. венерол. – 2013. – № 3. – С. 92–96.

22. Корсунская, И. М. Препараты кальципотриола в терапии псориаза [Текст] / И. М. Корсунская, С. Е. Зеленцова, Е. А. Василевская // Вестн. дерматол. венерол. – 2007. – № 3. – С. 45–46.

23. Катунина, О. Р. Толл-подобные рецепторы – возможная молекулярная мишень для биологической терапии псориаза [Текст] / О. Р. Катунина, А. В. Резайкина // Вестн. дерматол. венерол. – 2012. – № 3. – С. 55–57.

24. Жилова, М. Б. Клиническая эффективность ротации методов фототерапии (ПУВА-терапия и УФВ-311) у больных со среднетяжелыми формами псориаза [Текст] / М. Б. Жилова, В. В. Чикин // Вестн. дерматол. венерол. – 2015. – № 1. – С. 67–75.

25. Притуло, О. А. Терапия NB-UVB (311 нм) как современный патогенетически обоснованный метод коррекции системного воспаления у больных псориазом [Текст] / О. А. Притуло, В. А. Бабанин // Укр. журнал дерматол., венерол., косметол. – 2012. – № 1 (44). – С. 19–24.

26. <https://www.cia.gov/library/center-for-the-study-of-intelligence/csi-publications/csi-studies/studies/97unclass/ufo.html>

27. <https://zdorovenki.com.ua/product/apparat-dlya-lechenie-psoriaza-ufit-v-dp-novator-ukraina/>

28. Guidelines on UV phototherapy and photochemotherapy / Thomas Herzinger, Mark Berneburg, Kamran Ghoreschi // Blackwell Verlag GmbH, Berlin. – 2016. – 853-876 p.

29. Lack of Consensus Among Experts on the Choice of UV Therapy for Psoriasis / Robert S. Stern, MD; Janusz Z. Beer, MD; DeEtta K. Mills // Boston. – 1999. – 1187-1192 p.

30. Clin Med Insights Pediatr / Irene Lara-Corrales, Sabrina Ramnarine // 2013. – 7: 25–33 p.

31. http://vokkvd.zdrav36.ru/files/EgXYNGaI_%D0%A3%D0%BB%D1%8C%D1%82%D1%80%D0%B0%D1%84%D0%B8%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D0%BA%D0%B0%D0%B1%D0%B8%D0%BD%D0%B0_UV_1000_KL.pdf

32. <http://ledno.ru/svetodiody/ultrafioletovye-led.html>

33. <http://www.diodgid.ru/info/chto-luchshe-led-lampa-ili-uf-lampa/>

34. С. В. Павлов, Т. І. Козловська, та В. Б. Василенко, Оптико-електронні засоби діагностування патологій людини, пов'язаних із периферичним кровообігом, Вінниця : ВНТУ, 2014.

35. Пушкарева А. Е. Методы математического моделирования в оптике биоткани : учебн. пособ. / А. Е. Пушкарева– СПб. : СПбГУ ИТМО, 2008. – 103 с.

36. С. В. Павлов, В. П. Думенко, та Т. І. Козловська, "Аналіз методів розповсюдження випромінювання в біологічних середовищах на основі застосування методу Монте-Карло", Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології, № 2(16), с. 139–144, 2008.

37. Тучин В.В., Приезжев А.В., Шубочкин Л.П. Лазерная диагностика в биологии и медицине. - М.:, Наука, 1989 - 237с.

38. <http://kaf-fis-reab.dsmu.edu.ua/wp-content/uploads/2015/02/%D0%A72%D0%A04.pdf>

39. Гвозденко Л. А. Особливості реакцій організму людини на ультрафіолетове опромінення / Л. А. Гвозденко, І. М. Чередніченко // Проблеми військової охорони здоров'я. - 2012. - Вип. 33. - С. 158-162.

40. Світлолікування. Методичні рекомендації / В.С.Сухан, М.І.Товт-Коршинська// Ужгород : ДВНЗ "УжНУ", 2012. – 32с.

41. http://inmad.vntu.edu.ua/graduate/dis_Kuz.pdf

42. <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2017/11/185.pdf>

43. <http://opticstoday.com/katalog-statej/stati-na-ukrainskom/optichni-vimiryuvannya/rozpovsyudzhennya-viprominyuvannya-v-biologichnix-seredovishhax.html>

44. http://inmad.vntu.edu.ua/graduate/aref_Kuz.pdf

45. В. Кузь, Р. Ткачук, та Б. Робулова, "Опромінення шкіри людини із безперервним контролем та регулюванням параметрів процесу", Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. Біомедичні вимірювання і технології, № 1, с.145-148, 2014.

46. <http://uapatents.com/6-122458-avtomatizovana-sistema-dlya-oprominennya-biologichno-aktivnikh-tochok-lyudskogo-organizmu.html>

47. <https://dl.sumdu.edu.ua/textbooks/87803/272998/index.html>

48. http://opcb.kpi.ua/wp-content/uploads/2014/10/%D0%91%D0%96%D0%94_%D0%9D%D0%B0%D0%B2%D1%87%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%B9-%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D0%BA.pdf

49. <https://studopedia.org/12-71623.html>

50. https://studme.com.ua/13270221/ekologiya/ultrafioletovoe_izluchenie.htm

[m](#)

ДОДАТКИ

Додаток А

Оптичні коефіцієнти шкіри людини

Таблиця А.1

Оптичні коефіцієнти здорової шкіри *in vitro*[39]

Тканина	λ , нм	μ_a см ⁻¹	μ_s см ⁻¹	G
Роговий шар	250	1150	2600	0,9
	308	600	2400	0,9
	337	330	2300	0,9
	351	300	2200	0,9
	400	230	2000	0,9
Епідерміс	250	1000	2000	0,69
	308	300	1400	0,71
	337	120	1200	0,72
	351	100	1100	0,72
	415	66	800	0,74
	488	50	600	0,76
	514	44	600	0,77
	585	36	470	0,79
	633	35	450	0,80
	Дерма	250	26	833
308		8,7	583	0,71
337		6,1	500	0,72
351		5,2	458	0,72
415		3,5	320	0,74
488		2,6	250	0,76
514		2,2	250	0,77
585		2,2	196	0,79
633		2,0	187,5	0,80
800		1,7	175	0,85

Таблиця А.2

Оптичні коефіцієнти хворої шкіри на псоріаз легкої форми

Тканина	λ , нм	μ_a см ⁻¹	μ_s см ⁻¹	g	
Роговий шар	250	1265	2860	0,89	
	308	660	2640	0,89	
	337	363	2530	0,89	
	351	330	2420	0,89	
	400	253	2200	0,89	
	Епідерміс	250	1100	2200	0,63
308		330	1540	0,64	
337		132	1400	0,65	
351		110	1210	0,65	
415		72	880	0,69	
488		55	660	0,69	
514		48	660	0,70	
585		39	510	0,72	
633		38	495	0,72	
Дерма		250	28	926	0,63
		308	9,5	653	0,66
		337	6,7	550	0,65
	351	5,7	495	0,65	
	415	3,8	351	0,67	
	488	2,8	275	0,69	
	514	2,4	272	0,70	
	585	2,2	215	0,72	
	633	2,1	214	0,71	
	800	1,8	121	0,69	