

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет радіоелектроніки

КУЛІЧЕНКО ВЯЧЕСЛАВ ВІКТОРОВИЧ

УДК 615.849.5

**МЕТОД АДАПТИВНОГО ВПЛИВУ
І СИСТЕМА КОМПЛЕКСНОЇ ФОТОТЕРАПІЇ
З МІКРОПРОЦЕСОРНИМ КЕРУВАННЯМ**

Спеціальність 05.11.17 – біологічні та медичні прилади і системи

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2013

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі промислової і біомедичної електроніки
Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут».

Науковий керівник:

член-корреспондент НАНУ,
доктор технічних наук, професор
Сокол Євген Іванович,
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
проректор, завідувач кафедри
промислової і біомедичної електроніки

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор
Павлов Сергій Володимирович
Вінницький національний технічний
університет,
проректор з наукової роботи, завідувач
кафедри загальної фізики та фотоніки;
кандидат технічних наук, професор
Мустецов Микола Петрович
Харківський національний університет
імені В.Н. Каразіна,
професор кафедри фізичної та біомедичної
електроніки і комплексних інформаційних
технологій

Захист відбудеться «14» квітня 2013 р. о 13⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої
вченої ради К 64.052.05 Харківського національного університету радіоелектро-
ніки за адресою: 61166, м. Харків, пр. Леніна, 14.

З дисертацією можна ознайомитись в науково-технічній бібліотеці
Харківського національного університету радіоелектроніки за адресою:
61166, м. Харків, пр. Леніна, 14.

Автореферат розісланий

«08» березня 2013 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

І.В. Лисицька

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Сучасними тенденціями покращення лікувальних, профілактичних та реабілітаційних заходів є використання методів, що базуються на терапевтичному впливі фізичних факторів різноманітної природи на організм людини. Одним з таких методів є фототерапія, яка передбачає використання електромагнітного випромінювання (ЕМВ) оптичного діапазону (ОД) шляхом активації адаптаційних і регуляторних механізмів організму. Методики фототерапії, що постійно вдосконалюються, дозволяють охоплювати нові області використання ЕМВ ОД в медичній практиці.

Незважаючи на значну кількість наукових праць, ще залишаються не вирішеними питання, щодо визначення значень параметрів впливу при лікуванні за різними методиками. Особливо гостро це питання стосується комплексної фототерапії, де одночасно виконується вплив на шкіряні покриви і органи зору з можливістю завдання параметрів для кожного окремо. Діапазони завдання параметрів впливу, для комплексної фототерапії, знаходяться у межах: для інтенсивності ЕМВ від 0,5 до 200 мВт/см²; для довжини хвиль випромінювання від 400 до 760 нм, що відповідає ділянці видимого діапазону (ВД); для частот модуляції від 0,1 до 100 Гц; і тривалості процедури від 1 до 30 хв. Така кількість параметрів та ширина діапазонів регулювання впливу викликана індивідуальними фізіологічними особливостями людини, її фізичним і психологічним станом на момент проведення процедури. Це потребує від медичного персоналу вибирати конкретні значення параметрів впливу на основі об'єктивної оцінки ефективності процедури, що проводиться. В якості такої оцінки виступає моніторинг сукупності ключових фізіологічних показників, що реєструються на протязі всієї процедури. Динаміка їх змін дозволяє оцінювати ефективність впливу заданими параметрами.

Таким чином, автоматичне формування параметрів ЕМВ для терапевтичного впливу, з урахуванням зміни фізіологічних показників людини при комплексній фототерапії, є важливою науковою задачею, вирішенню якої присвячена дисертація.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційну роботу виконано на кафедрі «Промислова і біомедична електроніка» НТУ «ХПІ» на підставі угоди про творчу співпрацю між НТУ «ХПІ» та фірмою «РАДМІР» ДП АТ НДІРВ від 25.08.2005 р.; договору № 124-07 / Н на розробку програмно-апаратних засобів для комплексної фототерапії та моніторингу за зміною фізіологічних показників людини в процесі опромінення від 11.03.2007 р.; договору № 144-08 / Н на розробку комп'ютерного інтерфейсу для фототерапевтичного програмно-апаратного комплексу від 03.11.2008 р.; угоди про творчу співпрацю між НТУ «ХПІ» та Харківською медичною академією післядипломної освіти (ХМАПО) від 02.03.2009 р.; договору про творчу співпрацю між НТУ «ХПІ» та НВМБК «Лазер і здоров'я» від 10.01.2005 р., а також в рамках договорів на створення науково-технічної продукції № 65-05 / Н від 24.02.2005

р., № 76-05 / Н від 01.11.2005 р. та № 94-06 / Н від 05.06.2006 р.

Робота виконувалася згідно держбюджетної теми № М7820 «Розробка методів високочастотної гіпертермії з використанням поля полоскової антени і неінвазивної ультразвукової термометрії» (ДР № 0111U002286).

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є розробка методу підвищення ефективності застосування систем комплексної фототерапії, шляхом розширення їх функціональних можливостей та, визначення параметрів впливу на підставі змін фізіологічних показників людини.

Для досягнення зазначеної мети необхідно вирішити наступні задачі:

– проаналізувати існуючі підходи і методи формування впливу ЕМВ ВД та обґрунтувати застосування напівпровідникових світловипромінюючих діодів (СВД) в випромінювачах для комплексної фототерапії;

– створити математичну модель розподілу в шкірних покривах ЕМВ ВД, що генерується світловипромінюючими діодами, з урахуванням їх технічних характеристик та індивідуальних фізіологічних особливостей пацієнта;

– розробити методику розрахунку параметрів випромінювачів на основі світловипромінювальних діодів з урахуванням їх технічних характеристик та фізіологічних особливостей пацієнта;

– удосконалити концепцію біосинхронізації параметрів впливу ЕМВ ВД з ритмічними фізіологічними показниками при проведенні процедур комплексної фототерапії;

– розробити метод адаптивного впливу ЕМВ ВД, що враховують зміну фізіологічних показників пацієнта під час проведення процедури комплексної фототерапії;

– створити дослідний зразок лікувально-діагностичного комплексу для проведення процедур загальної та комплексної фототерапії та провести його всебічні дослідження.

Об'єктом дослідження є процес впливу електромагнітного випромінювання видимого діапазону на біологічний об'єкт.

Предмет дослідження – метод адаптивного впливу ЕМВ ВД для проведення процедур комплексної фототерапії.

Методи дослідження. При виконанні дисертаційної роботи використовувались: для розробки математичної моделі розподілу ЕМВ ВД в шкірних покривах положення теорії переносу випромінювання та оптики світлорозсіювання, математичний апарат статистичної обробки сигналів; для проведення розрахунків математичної моделі використовувалося комп'ютерне моделювання; для визначення та дослідження розподілу щільності потоку потужності випромінювання використовувались методи математичного аналізу; для розрахунку моментів біосинхронізації методи прогнозу і корекції.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному:

– Вперше побудовано математичну модель розподілу ЕМВ ВД в шкірних покривах людини, що ґрунтується на рівняннях які описують проходження ви-

промінювання через мутне біологічне середовище, що дозволила отримати кількісну оцінку поширеного розподілу випромінювання з врахуванням технічних параметрів СВД.

– Набула подальшого розвитку концепція біосинхронізації параметрів впливу ЕМВ ВД, що на відміну від існуючих принципів опромінення локальної ділянки, дозволяє формувати синхронну зміну параметрів впливу відповідно до просторового переміщення пульсової хвилі та застосовувати режими біокерування в загальній і комплексній фототерапії.

– Вперше запропоновано метод адаптивного впливу ЕМВ ВД для комплексної фототерапії, який ґрунтується на використанні скануючих режимів і комбінацій фізіологічних показників в якості біологічного відгуку, що дозволяє визначати параметри фототерапевтичного впливу під час проведення процедури.

Практичне значення одержаних результатів полягає в наступному:

– Розроблена методика розрахунку фототерапевтичних випромінювачів, запропоновані алгоритми регулювання параметрів ЕМВ і схемотехнічні рішення системи адаптивного впливу впроваджені у фірмі «РАДМІР» ДП АТ НДІРВ при розробці лікувально-діагностичного комплексу «ГЕЛІОС» (акт впровадження).

– Запропоновані скануючі режими та схемотехнічні рішення використані при розробці фототерапевтичної апаратури серії «БАРВА», яка впроваджена в серійне виробництво НВМБК «Лазер і здоров'я» (акт впровадження).

– Розроблений дослідний зразок лікувально-діагностичного комплексу включено до програм навчальних дисциплін «Інформаційні пристрої електронної медичної апаратури», «Біометрія», «Фізіотерапевтичні апарати» з підготовки фахівців і магістрів за спеціальністю «Фізична та біомедична електроніка» на кафедрі «Промислова і біомедична електроніка» НТУ «ХП» (акт впровадження).

Особистий внесок здобувача. Усі основні результати дисертаційної роботи отримані автором самостійно. У роботах, які були написані з співавторами, здобувачем: в [1] проведено аналіз шляхів зниження похибки вимірювання частоти серцевих скорочень з автоматичним вибором під діапазонів; в [2] розроблено алгоритми функціонування мікропроцесорних блоків для фотонних випромінювачів; в [3] розроблено функціональну схему фотонного поліхромного безультрафіолетового солярію для комплексної фототерапії; в [4] запропоновано функціональну схему апарата для комплексної фототерапії та алгоритм її функціонування; в [5] запропоновано і обґрунтовано метод адаптивного впливу, сформульовано поняття «функції впливу»; в [6] запропоновано та виконано математичний аналіз методів виміру фізіологічних показників з урахуванням можливих виникнень перешкод; в [7-11] запропоновано ряд схемотехнічних рішень та розроблено алгоритми роботи мікропроцесорних блоків; в [12] розроблено алгоритми скануючих режимів роботи фототерапевтичних апаратів; в [14] запропоновано алгоритми зміни параметрів інтенсивності та довжини хвилі в залежності від значення фізіологічного показника; в [15] запропоновано концепцію методу комплексної фототерапії та його апаратне забезпечення; в [16] проведено аналіз існуючих мето-

ди фототерапії; в [17] проведено порівняльний аналіз можливих способів регулювання інтенсивності випромінювання в фототерапевтичних апаратах; в [18] проведено аналіз фізіологічних показників людини для оцінки ефективності впливу при використанні скануючих режимів; в [20] розроблено математичну модель розподілу випромінювання в шкіряних покривах людини; в [21] проведено математичне моделювання розподілу випромінювання, що генерується СВД, в шкірних покривах людини.

Публікації містять результати безпосередньої роботи здобувача на окремих етапах дослідження, повною мірою відображають основні положення та висновки роботи. Авторська участь здобувача в опублікованих наукових працях погоджена зі співавторами.

Апробація результатів дисертації. Основні результати роботи доповідалися та обговорювалися на міжнародних науково-практичних конференціях «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, краса» (2010, 2011 рр., Харків), «Силова електроніка та енергоефективність» (2005, 2008, 2010 і 2011 рр., Алушта); науково-практичній конференції «Застосування лазерів у медицині та біології» (2005, 2007-2011 рр.), міжнародних радіофорумах, секція «Актуальні проблеми біомедичної інженерії» (2011 р., Харків), на наукових семінарах кафедри «Промислова й біомедична електроніка» НТУ «ХП».

Публікації. Основні положення дисертаційної роботи опубліковані в 21 друкованій праці, з них 6 статей у фахових виданнях, 15 публікацій в працях конференцій.

Структура дисертації. Дисертаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи складає 144 сторінок основного тексту, 52 ілюстрації, з них 2 ілюстрації на 1 сторінці, 4 таблиці; список використаних джерел з 121 найменування на 14 сторінках, 4 додатки на 9 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЇ

У вступі обґрунтовано актуальність і доцільність виконаної роботи, сформульовані мета та завдання наукового дослідження, наведені дані про зв'язок роботи з науковими програмами, викладена наукова новизна, практичне значення та реалізація результатів досліджень, наведені відомості про їх апробацію, публікації та впровадження.

У першому розділі проведено огляд механізмів впливу ЕМВ ВД на організм людини з лікувальною метою, визначені фотофізичні, фотохімічні і фотобіологічні реакції, що є пусковими процесами в організмі людини. Ці процеси викликають зміни на всіх рівнях організації живої матерії: субклітинному, клітинному, тканинному, органному і системному. Ступінь і специфічність прояву відповідних реакцій (біологічний відгук) на ЕМВ ВД визначається довжиною хвилі, щільністю дози впливу (щільність енергії), складом і просторово-часовими па-

раметрами біооб'єкту. Максимум біологічного відгуку спостерігається в діапазоні щільності енергії 1-2 Дж/см² («класична» доза для лазерної терапії) та в діапазоні 10⁻³-10⁻⁴ Дж/см² (відгук на інформаційну компоненту впливу). Використання частотної модуляції в діапазоні 0,1-100 Гц, дозволяє отримати до семи максимумів біологічного відгуку, що обумовлено впливом на періодичні фізіологічні процеси в організмі людини.

Для визначення величини біологічного відгуку під час впливу ЕМВ ВД, використовуються фізіологічні показники стану людини. Найбільш поширеними серед них є показники серцево-судинної і дихальної системи, такі як оксигенація артеріальної крові і частота серцевих скорочень (частота пульсу), частота дихання. Однак контроль цих показників дозволяє лише опосередковано оцінити вплив випромінювання на організм і вимагає особливої уваги від медичного персоналу.

Необхідність регулювання ряду параметрів в широкому діапазоні, потребує особливих вимог, що висуваються до випромінювачів ЕМВ ВД. Аналіз штучних джерел ЕМВ ВД які можуть бути використані в таких випромінювачах, що найбільш доцільним є використання напівпровідникових СВД. В порівнянні з лампами розжарювання, люмінесцентними і газорозрядними лампами, а також лазерами, СВД мають високу світловіддачу до 150 лм/Вт, термін служби досягає 100000 годин, низьку інерційність, що дозволяє використовувати широтно-імпульсну модуляцію для лінійного регулювання величини світлового потоку, удароміцну конструкцію.

Проведений аналіз літературних джерел показав, що визначення параметрів впливу, які дозволяють отримати максимальний терапевтичний ефект від виконаних процедур фототерапії є перспективною і актуальною задачею. Вирішення якої потребує розгляду цілого ряду питань пов'язаних як з формуванням впливу ЕМВ ВД так і з аналізом реакції пацієнта на процедуру, що проводиться.

У другому розділі запропоновано методику розрахунку геометричних параметрів випромінювача на основі СВД з урахуванням його технічних характеристик та розподілу випромінювання на поверхні і всередині шкірних покривів, що підлягають впливу ЕМВ ВД.

При проведенні процедур фототерапії основними параметрами впливу є величини: інтенсивність випромінювання I [Вт/м²], коли мова йде про вплив на шкірні покриви і яскравість джерела випромінювання L_V [кд/м²] – при впливі на зоровий аналізатор людини. Кількісно вплив ЕМВ оцінюється щільністю дози D , що представляє собою інтенсивність випромінювання на поверхні біологічного об'єкту протягом деякого часу T .

Дозування впливу на шкірні покриви визначається значеннями енергетичних величин випромінювання, однак основні технічні дані СВД, що наводяться фірмами виробниками є світловими (сила світла I_V , довжина хвилі λ , кут половинної яскравості α , діаграма просторового розподілу сили світла $I_V(\varphi)$). З урахуванням технічних даних СВД і геометричних параметрів розповсюдження ЕМВ, рівняння для розрахунку основних величин будуть мати вигляд:

$$I = \frac{I_V \cdot 2 \cdot \pi \cdot (1 - \cos(\alpha/2))}{K_M \cdot V_\lambda \cdot \pi \cdot L^2 \cdot \operatorname{tg}^2(\alpha/2)}; \quad (1)$$

$$L_V = \frac{I_V}{\pi \cdot L^2 \cdot \operatorname{tg}^2(\alpha/2)}; \quad (2)$$

де K_M – фотометричний еквівалент випромінювання, що дорівнює 683 лм/Вт;
 V_λ – значення функції видимості $V(\lambda)$ на основній довжині хвилі λ СВД;
 L – відстань від СВД до поверхні, що опромінюється.

На підставі отриманих рівнянь проведено дослідження впливу технологічних параметрів джерела випромінювання на інтенсивність і яскравість, таких як довжина хвилі (рис. 2а) і кут половинної яскравості (рис. 2б).

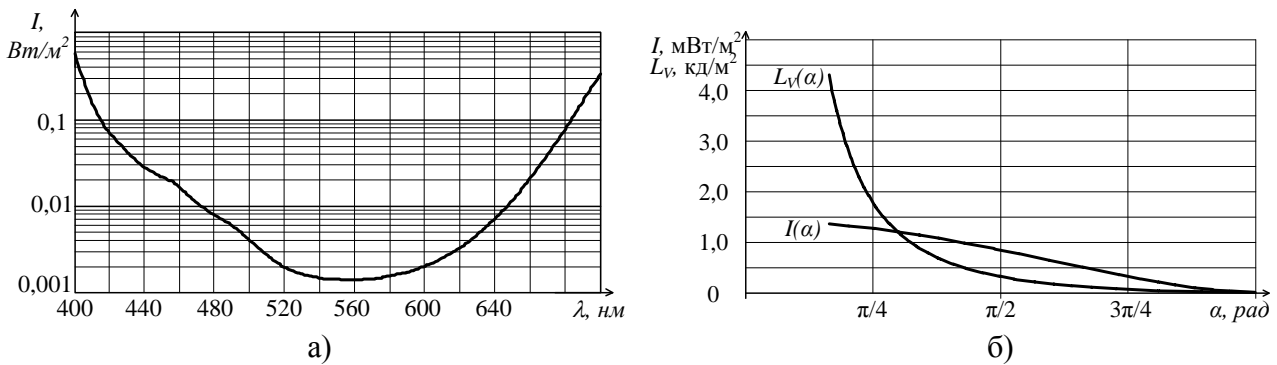


Рис. 2. Залежність основних величин впливу від технологічних параметрів

За результатами досліджень встановлено залежності параметрів впливу при використанні СВД в якості джерел ЕМВ ВД в фототерапевтичних апаратах для комплексної фототерапії, від довжини хвилі випромінювання і кута поширення його в навколишньому середовищі. Отримані вирази можуть бути використані при оцінці інтенсивності випромінювання сформованого випромінювачами, що випускаються серійно, для визначення дозувань фототерапевтичного впливу.

Дослідження розповсюдження ЕМВ ВД, сформованого СВД з урахуванням індивідуальних фізіологічних особливостей людини, на поверхні шкіри здійснювалися на основі розробленої математичної моделі. Поверхня шкіри представляє собою біологічне багатокомпонентне мутне середовище, яке в залежності від вмісту хромофорів (меланін, вода, гемоглобін, ліпіди і колаген) умовно може бути розділено на три шари: епідерміс, дерму і підшкірну жирову клітковину (ПЖК).

Випромінювання, що формується СВД, на поверхні шкіри створює інтенсивність, значення якої, визначається рівнянням:

$$I_0 = \int_{S=0}^{S=2\pi L \operatorname{tg}(\alpha/2)} \int_{\varphi=0}^{\varphi=\alpha/2} \int_{\lambda=400}^{\lambda=700} \left(\frac{I_V(\varphi, \lambda) \cdot d\varphi \cdot d\lambda}{K_M \cdot V_\lambda(\lambda) \cdot dS} \right). \quad (3)$$

При досягненні випромінювання поверхні шкіри частина випромінювання відбивається у зовнішнє середовище I'_0 , а інша частина проходить углиб. Кількість відбитого випромінювання визначається коефіцієнтом відбиття r_0 . Відпо-

відно до закону Бугера-Ламберта-Бера для мутного середовища при проходженні випромінювання через біологічну тканину відбувається його ослаблення у відповідності з рівнянням:

$$I' = I_0 \cdot e^{-\mu_t \cdot z}; \quad (4)$$

де μ_t – коефіцієнт ослаблення біологічної тканини;
 z – товщина шару, через який проходить випромінювання.

Величина потоку випромінювання, на яку він послаблюється, поглинається поточним шаром, а інша його частина розсіюється в інші шари. Значення поглиненого випромінювання розраховується у відповідності з рівнянням:

$$I = I_0 - I' = I_0 \cdot (1 - e^{-\mu_t \cdot z}). \quad (5)$$

Для шарів епідермісу «1», дерми «2», ПЖК «3» рівняння поглинання I_l (l – шар, в якому відбувається поглинання) та розсіювання $I'_{i,j}$ (i, j – шари з якого i в який відбувається розсіювання відповідно) будуть мати вигляд:

$$\begin{aligned} I_1 &= [I_0 \cdot (1 - r_0) + I'_{21}] \cdot (1 - e^{-\mu_{t1} \cdot z_1}); \\ I'_{10} &= (I_0 \cdot (1 - r_0) + I'_{21} - I_1) \cdot (1 - r_0 / [r_0 + r_1]); \\ I'_{12} &= (I_0 \cdot (1 - r_0) + I'_{21} - I_1) \cdot (1 - r_1 / [r_0 + r_1]); \\ I_2 &= (I'_{12} + I'_{32}) \cdot (1 - e^{-\mu_{t2} \cdot z_2}); \\ I'_{21} &= (I'_{12} + I'_{32} - I_2) \cdot (1 - r_1 / [r_1 + r_2]); \\ I'_{23} &= (I'_{12} + I'_{32} - I_2) \cdot (1 - r_2 / [r_1 + r_2]); \\ I_3 &= I'_{23} \cdot (1 - e^{-\mu_{t3} \cdot z_3}); \\ I'_{32} &= (I'_{23} - I_3) \cdot (1 - r_2 / [r_2 + r_3]); \\ I'_{34} &= (I'_{23} - I_3) \cdot (1 - r_3 / [r_2 + r_3]); \end{aligned} \quad (6)$$

де $\mu_{t1}, \mu_{t2}, \mu_{t3}$ коефіцієнт ослаблення шару епідермісу, дерми, ПЖК;
 z_1, z_2, z_3 – товщина шару епідермісу, дерми, ПЖК;
 r_1, r_2, r_3 – коефіцієнт відбиття переходу між шарами епідермісу, дерми, ПЖК і тканинами, що розташовуються під шкірним покривом.

Рішення рівнянь розподілу випромінювання в запропонованій моделі, можливо тільки при використанні чисельних методів розв'язання, одним з яких є метод Монте-Карло. Сутність методу полягає в тому, що для кожного фотону, що випромінюється СВД, здійснюється розрахунок довжини вільного пробігу до точки поглинання, ймовірність розсіювання, і нові вектори напрямку руху фотона. Розрахунок вважається завершеним, якщо ймовірність розсіювання, стала меншою заданої величини або фотон покинув зону досліджуваних шарів, після чого використовуються для подальшого аналізу.

В якості початкових даних для моделювання використовуються: діаграма просторового розподілу; спектральний склад; основна довжина хвилі; відстань між точкою випромінювання та поверхнею; кількість фотонів для розрахунку.

За результатами моделювання були отримані залежності дифузного коефіцієнта відбиття R від довжини хвилі випромінювання та кута попадання на поверхню шкіряних покривів, які наведено на рис. 3.

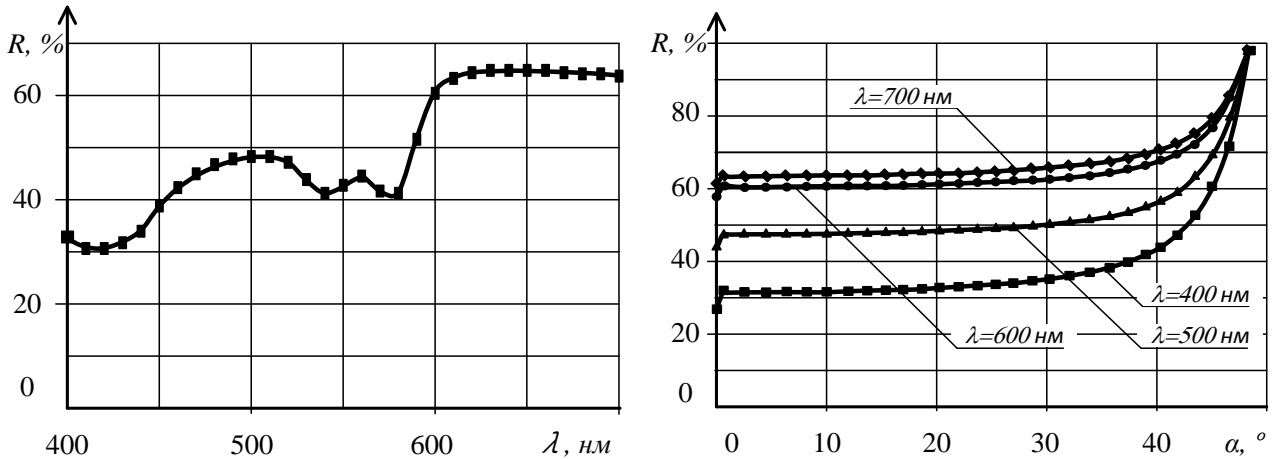


Рис. 3. Коефіцієнт дифузного відбиття фотонів від поверхні шкіри

ЕМВ ВД, що було поглинене тканинами шкіри розподіляється по різному між шарами в залежності від типу хромофорів, і визначається коефіцієнтом поглинання A , див. рис. 4, а. Регулювання кровонаповнення шкірних тканин викликає зміни об'ємної частки крові в межах від 2 до 5 %, що призводить до зміни коефіцієнта поглинання шаром дерми до 15%, див. рис. 4б.

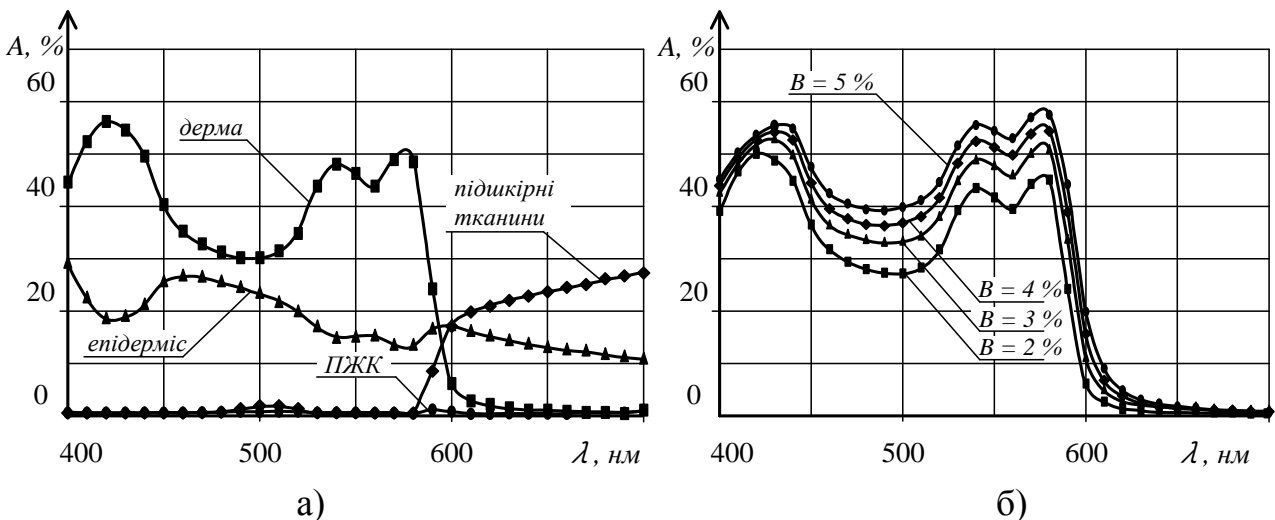


Рис. 4. Коефіцієнт поглинання ЕМВ ВД шарами шкіри

Результати досліджень дозволяють визначити щільність дози впливу з урахуванням кількості відбитого випромінювання в навколишнє середовище та визначити розподілення поглиненого ЕМВ ВД різними шарами тканини людини.

На підставі технічних параметрів СВД і результатів моделювання розподілу

випромінювання в шкірних покривах запропонована методика для розрахунку прямокутного випромінювача з заданими параметрами: інтенсивності випромінювання, величини світлової плями, і відстані до об'єкта. Одиначний світлови-промінюючий діод формує потік випромінювання:

$$\Phi_E(\varphi) = \frac{2 \cdot \pi \cdot (1 - \cos(\varphi_{\max}))}{K_M \cdot V_\lambda} \cdot \int_0^{\varphi_{\max}} I_V(\varphi) \cdot (1 - R(\varphi)); \quad (7)$$

де φ_{\max} – максимальний кут діаграми направленості СВД;

$R(\varphi)$ – залежність коефіцієнта дифузного відбиття від кута падіння.

Величина інтенсивності випромінювання від одного СВД на елементарній площині чотирикутної форми з стороною $a = 2r$ складає:

$$\Delta I = \frac{\Phi_E}{S} = \frac{\Phi_E}{a^2} = \frac{\Phi_E}{[2 \cdot L^2 \cdot \operatorname{tg}^2(\varphi_{\max}/2)]^2}. \quad (8)$$

Значення інтенсивності у випадку групового розташування СВД на елементарній площині розраховується за виразом:

$$\Delta I_{sum} = \Delta I \cdot \left[2 \cdot \sum_{i=1}^{n\Delta x} \left(1 - \frac{i \cdot \Delta x}{a} \right) + 1 \right] \cdot \left[2 \cdot \sum_{i=1}^{n\Delta y} \left(1 - \frac{i \cdot \Delta y}{a} \right) + 1 \right], \quad (9)$$

де $n\Delta x$, $n\Delta y$ – кількість СВД по осі x і y відповідно, випромінювання котрих підсумовується на площині a^2 ;

Δx , Δy – відстань між СВД по осі x і y відповідно.

Вирішивши рівняння (9) відносно величин Δx і Δy , при заданому значенні інтенсивності ΔI_{sum} отримуємо вираз:

$$\Delta x = \frac{a^2}{\Delta y} \cdot \frac{\Delta I}{\Delta I_{sum}}. \quad (10)$$

Кількість СВД необхідних для створення світлової плями розміром X на Y розраховується за виразами:

$$N_x = \left(\frac{X + 2 \cdot a}{\Delta x} \right) - 1; \quad N_y = \left(\frac{Y + 2 \cdot a}{\Delta y} \right) - 1. \quad (11)$$

Перевірка достовірності параметрів розрахунку виконувалась за допомогою розробленої математичної моделі в програмному середовищі Mathcad. Програма виконує розрахунок розподілу інтенсивності в кожній точці світлової плями, що формує випромінювач з кроком 1 мм. В результаті моделювання встановлено, що інтенсивність впливу в заданій області світлової плями відрізняється від заданої не більше ніж на 5 % а нерівномірність розподілу коливається в межах 1 %.

У третьому розділі розроблено метод та систему адаптивного впливу для комплексної фототерапії, що полягає в автоматичному підборі ефективних доз впливу з урахуванням індивідуальних фізіологічних особливостей пацієнта.

На підставі виразу для розрахунку щільності дози впливу визначені основні параметри її зміни і запропонована «функція впливу», що представляє собою сукупність параметрів: при впливі на шкірні покриви $w(p^*, \lambda, S, t)$, і при впливі на зоровий аналізатор $w(l^*, \lambda, t)$. Для опису «функції впливу» $W(t)$, що характеризує зміни параметрів впливу протягом всієї процедури T , найбільш доцільно скористатися логічно-нелінійним законом регулювання та представити її у вигляді системи рівнянь, яка буде мати вигляд:

$$W(t) = \begin{cases} w_1, & \Delta t \leq t < 2 \cdot \Delta t; \\ w_2, & 2 \cdot \Delta t \leq t < 3 \cdot \Delta t; \\ \dots & \dots \quad \dots \\ w_N, & (N-1) \cdot \Delta t \leq t < N \cdot \Delta t; \end{cases}, \quad (12)$$

де N – кількість інтервалів функції впливу за інтервал часу процедури;
 Δt – тривалість одного інтервалу.

Сукупність параметрів «функції впливу» використовується для кількісного визначення щільності дози впливу і при імпульсній модуляції, може бути розрахована за виразом:

$$D = \frac{P_{\max} \cdot F_I \cdot \tau_I \cdot F_M \cdot \tau_M \cdot T}{S}, \quad (13)$$

де P_{\max} – максимальне (номінальне) значення потужності випромінювання, що надходять від джерела до біологічного об'єкту;

F_I, τ_I – частота проходження імпульсів і їх тривалість в імпульсній послідовності, що використовується для регулювання потужності випромінювання;

F_M, τ_M – частота проходження імпульсів і їх тривалість в імпульсній послідовності, що використовується для низькочастотної модуляції випромінювання.

«Функція впливу» при реалізації її в мікропроцесорній системі керування дозволяє забезпечити простоту завдання і розрахунку значення дози впливу.

Метод адаптивного впливу має за мету визначення параметрів згідно з визначеним законом зміни «функції впливу», що представляє собою режим сканування. В залежності від зміни параметрів в методі можна виділити ряд режимів сканування: по частоті модуляції F_M , по довжині хвилі випромінювання λ , по потужності випромінювання P та по області опромінення S .

Використання скануючих режимів в методі адаптивного впливу направлено на реалізацію двох основних завдань – перешкодження виникненню адаптаційних процесів в тканинах при опроміненні ЕМВ ВД та забезпечення багатопараметричного впливу з метою визначення ефективних параметрів процедури.

Удосконалено концепцію біосинхронізації параметрів впливу з пульсовою хвилею для випадку проведення процедур комплексної фототерапії. Для визначення моменту проходження пульсової хвилі в будь-якій ділянці опромінюваної поверхні використовується метод прогнозу і корекції згідно з сигналами отриманих від двох датчиків пульсу (ДП1 і ДП2) розташованих на фалангах верхніх і нижніх кінцівок людини.

Швидкість переміщення пульсової хвилі розраховується за виразом:

$$V_{ПВ} = \frac{L_{C ДП1} - L_{C ДП2}}{\Delta t_{3П}}; \quad (14)$$

де $L_{C ДП1}$ і $L_{C ДП2}$ – відстань від серця до периферичних датчиків пульсу;
 $\Delta t_{3П}$ – часовий інтервал між приходами пульсової хвилі на датчики ДП1 і ДП2.

Значення швидкості переміщення пульсової хвилі використовується для визначення моменту формування її серцем і є початковою точкою відліку для режиму сканування у випадку біосинхронізації. Вираз «функції впливу» при цьому буде мати вигляд:

$$W(t) = \begin{cases} w\left([p_{S1} \cdot (1 + A_{\sim}^*(t))], [p_{\overline{S1}}], \lambda, S\right), & (n \cdot T_{CC}) \leq t < (n \cdot T_{CC} + 1 \cdot \Delta t); \\ w\left([p_{S2} \cdot (1 + A_{\sim}^*(t))], [p_{\overline{S2}}], \lambda, S\right), & (n \cdot T_{CC} + 1 \cdot \Delta t) \leq t < (n \cdot T_{CC} + 2 \cdot \Delta t); \\ w(p, \lambda, S), \dots & (n \cdot T_{CC} + D_{3B} \cdot \Delta t) \leq t < ((n+1) \cdot T_{CC}); \end{cases} \quad (15)$$

де p_{S1} , p_{S2} – потужність опромінення на ділянках $S1$ і $S2$;

$p_{\overline{S1}}$, $p_{\overline{S2}}$ – потужність на всіх інших ділянках окрім $S1$ і $S2$;

D_{3B} – кількість зон, на які поділено випромінювач;

$A_{\sim}^*(t)$ – відносне значення зміни кровонаповнення тканин.

Визначення параметрів впливу на підставі ряду біологічних сигналів дозволяє підвищувати ефективність фототерапевтичних процедур. Проте діапазони визначення параметрів опромінення повинні визначатися лише медичним персоналом, на підставі попередньо проведених медичних обстежень.

Сформульовано методику оцінки ефективності проведених фототерапевтичних процедур, на підставі даних датчиків пульсоксиметра і дихання, сутність якої полягає у розрахунку змін фізіологічних показників людини на початку та під час проведення процедури і є біологічним відгуком $V(t)$ на вплив ЕМВ ВД,

$$V(t) = k1 \cdot \left(\frac{SpO_2 - SpO_2^{hv}(t)}{SpO_2} \right) \cdot \left[k2 \cdot \left(\frac{f_{П}^{hv}(t) - f_{П}}{f_{П}} \right) + k3 \cdot \left(\frac{f_{Д}^{hv}(t) - f_{Д}}{f_{Д}} \right) \right]; \quad (16)$$

де SpO_2 та $SpO_2^{hv}(t)$ – значення сатурації артеріальної крові на початку і під час проведення процедури відповідно;

$f_{П}$ та $f_{П}^{hv}(t)$ – значення частоти пульсу на початку і під час процедури;

$f_{Д}$ та $f_{Д}^{hv}(t)$ – значення частоти дихання на початку і під час процедури;

$k1$, $k2$ та $k3$ – коефіцієнти масштабування фізіологічних показників.

Запропоновано функціональну схему системи (рис. 5), що реалізує метод адаптивного впливу ЕМВ ВД, який полягає у використанні скануючих режимів роботи фототерапевтичного випромінювача і біологічного відгуку в якості сигналу зворотного зв'язку, і дозволяє визначити такі значення параметрів впливу, що підвищують ефективність процедур фототерапії.

За допомогою пульта керування (ПК) задаються значення параметрів впливу і режими роботи системи, які надходять на обчислювально-керуючий блок (ОКБ) мікроконтролера для декодування. ОКБ управляє роботою всіх функціональних вузлів відповідно за заздалегідь визначеним алгоритмом. На підставі даних, що декодовані ОКБ здійснюється завантаження відповідного виразу «функції впливу з постійно запам'ятовуючого пристрою (ПЗП) в блок формування функції впливу (БФФВ). Так само в БФФВ завантажуються значення змінних «функції впливу» для кожного інтервалу, заданих за допомогою (ПУ) і розрахованих в ОКБ. БФФВ формує на своєму виході розраховані параметри «функції впливу» фотонним випромінювачем.

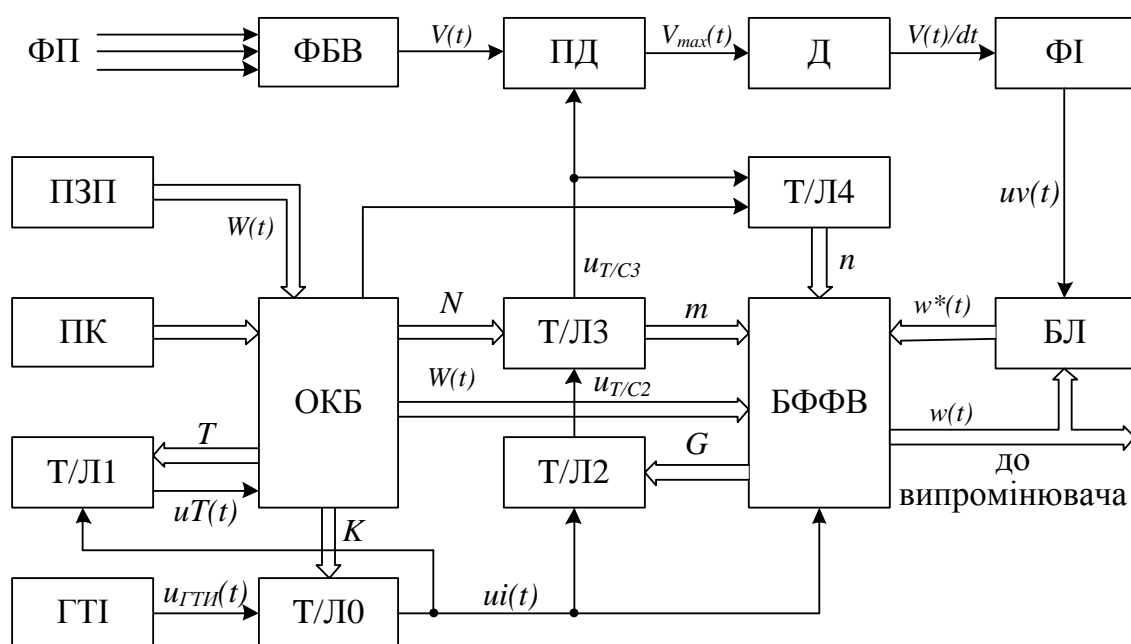


Рис. 5. Функціональна схема системи адаптивного впливу

В таймер-лічильник (Т/Л0) формує часові мітки таймерам-лічильниками шляхом поділу частоти генератора тактових імпульсів (ГТІ) відповідно з числом K завантаженого в таймер. В таймер-лічильник (Т/Л1) завантажуються число T , пропорційне тривалості процедури впливу ЕМВ ВД. В таймер-лічильник (Т/Л2) завантажуються число G , пропорційне тривалості інтервалу Δt . В таймер-лічильник (Т/Л3) завантажуються число N , що відповідає кількості інтервалів часу на періоді сканування. Число m представляє значення, що передається в БФФВ і відповідає номеру поточного інтервалу часу. Таймер-лічильником (Т/Л4) здійснюється підрахунок числа n , що відповідає значенню завершених періодів сканування «функції впливу». Блок логіки (БЛ) дозволяє завантажувати дані на випромінювач і зберігати їх за умови наявності сигналу управління.

Формування керуючого імпульсу на блок логіки здійснюється по каналу обробки сигналу біологічного відгуку. Дані про фізіологічні показники (ФП) стану пацієнта надходять від пульсоксиметричного датчика і датчика дихання на вхід формувача біологічного відгуку (ФБВ), для розрахунку за виразом (16).

Вихідний сигнал з ФБВ надходить на піковий детектор (ПД) для виділення максимального значення величини біологічного відгуку. Диференціатор (Д) забезпечує реєстрацію ділянок, на яких збільшується значення величини біологічного відгуку, що відповідають інтервалам впливу з найбільш ефективними параметрами. Збереження таких параметрів, для подальшого впливу, проводиться шляхом подачі керуючого імпульсу на блок логіки формувачем імпульсів (ФІ).

У четвертому розділі наведені результати розробки та дослідження зразка лікувально-діагностичного комплексу, що створений на основі запропонованого методу адаптивного впливу, який реалізує методики загальної та комплексної фототерапії, з можливістю біосинхронізації зміни значень параметрів впливу з пульсовою хвилею та дихальною системою.

Лікувально-діагностичний комплекс, зовнішній вигляд котрого наведено на рис. 6, структурно складається з двох пристроїв – фототерапевтичного апарата, призначеного для формування впливу ЕМВ ВД і діагностичного приладу для контролю за фізіологічним станом пацієнта.



Рис. 6. Зовнішній вигляд лікувально-діагностичного комплексу

Фототерапевтичний апарат структурно складається з фотонного випромінювача, призначеного для перетворення електричної енергії в ЕМВ ВД і системи керування, що забезпечує завдання та контроль режимів роботи випромінювача.

Система керування забезпечує ряд режимів роботи випромінювача:

- безперервний – вплив не модульованим ЕМВ ВД з можливістю завдання комбінації довжин хвиль і потужності випромінювання від 1 до 100%;
- імпульсний – вплив ЕМВ ВД з можливістю завдання комбінації довжин хвиль, частоти модуляції від 0,1 до 100 Гц і потужності від 1 до 100 %;

– сканування з частотою модуляції – вплив ЕМВ ВД з можливістю завдання комбінації довжин хвиль, потужності випромінювання від 1 до 100 %, діапазону зміни значення частоти модуляції від мінімально до максимального значення та інтервалу часу сканування;

– сканування за потужністю – вплив ЕМВ ВД з можливістю завдання комбінації довжин хвиль, діапазонів зміни потужності випромінювання від мінімально до максимального встановленого значення та інтервалу часу сканування;

– сканування за довжиною хвилі – вплив ЕМВ ВД з можливістю завдання потужності випромінювання від 1 до 100 %, та комбінації довжин хвиль що поступово змінюються на протязі інтервалу сканування;

– сканування за областю опромінення – вплив ЕМВ ВД з можливістю завдання комбінації довжин хвиль, діапазонів зміни потужності випромінювання від 1 до 100 % та послідовності переключення сегментів випромінювача;

– біосинхронізації з пульсовою хвилею – вплив не модульованим ЕМВ ВД зі зміною потужності випромінювання від 33 % до 100 % заданого значення;

– біосинхронізації з актами дихання – вплив ЕМВ ВД зі змінною потужністю від 1 до 100 % і довжиною хвилі від фіолетового до червоного спектру.

Вибір режимів роботи і завдання параметрів опромінення здійснюється за допомогою клавіатури, що знаходиться на лицьовій панелі системи керування, або дистанційно від персонального комп'ютеру.

Експериментальні дослідження дослідного зразка фототерапевтичної комплексу, показали, що відхилення значення при регулюванні потужності в діапазоні від 5 до 95% від максимальної величини не перевищує 5%, відхилення частоти модуляції не перевищує 1%, відхилення періоду сканування «функції впливу» не перевищує 2%. Розподіл інтенсивності сформованої випромінювачем підтверджує адекватність запропонованої методики розрахунку фототерапевтичних випромінювачів і математичної моделі.

Розроблений зразок лікувально-діагностичного комплексу схвалено і випробувано фахівцями кафедри фізіотерапії, курортології та відновлювальної медицини ХМАПО. Встановлена доцільність використання режимів сканування для проведення процедур комплексної фототерапії, а дослідний зразок відповідає вимогам до фізіотерапевтичної апаратури і рекомендується для проведення клінічних досліджень (Медичний висновок).

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішена актуальна і важлива науково-технічна задача розширення функціональних можливостей систем комплексної фототерапії шляхом розробки методу адаптивного впливу, що забезпечується автоматичним визначенням ефективних параметрів опромінення на підставі змін фізіологічних показників людини. Отримані результати мають важливе наукове й практичне значення при визначенні терапевтичних доз впливу в загальній і комплексної фототерапії. Проведені дослідження дозволяють зробити такі ос-

новні висновки:

1. Показано, що в медицині використовується велика кількість джерел ЕМВ ВД для формування фототерапевтичного впливу, але відсутні методики вибору їх параметрів та оцінки ефективності їх застосування. Обґрунтовано використання СВД в якості джерел ЕМВ ВД, при побудові випромінювачів для комплексної фототерапії, що мають ряд переваг над іншими джерелами та дозволяють регулювати інтенсивність і яскравість джерела випромінювання методом широтно-імпульсні модуляції.

2. Розроблена математична модель розподілу ЕМВ ВД, що дозволила оцінити вплив технічних характеристик СВД на коефіцієнти відбиття і поглинання різними шарами шкіри. Визначено залежність коефіцієнта поглинання шкіри від зміни кровонаповнення судин, що дозволило обґрунтувати застосування режимів біосинхронізації параметрів впливу по пульсовій хвилі.

3. Розроблена методика розрахунку випромінювачів прямокутної форми на основі СВД з урахуванням їх технічних характеристик і коефіцієнта відбиття ЕМВ ВД від шкірних покривів, яка дозволила визначити необхідну кількість СВД і їх розташування у випромінювачі при заданій інтенсивності впливу. Дослідження запропонованої математичної моделі розподілу інтенсивності ЕМВ ВД на поверхні шкірних покривів людини, дозволили оцінити відхилення розрахункових значень від заданих, яке не перевищило 5 % та нерівномірність розподілу в заданій області, яка коливається в межах 1 %, що підтверджує достовірність розробленої методики.

4. Удосконалено концепцію біосинхронізації параметрів впливу при проведенні процедур загальної та комплексної фототерапії, що ґрунтується на вимірюванні швидкості розповсюдження пульсової хвилі, та дозволяє здійснювати зміни інтенсивності ЕМВ ВД з кровонаповненням шкірних покривів людини.

5. Розроблена методика адаптивного впливу, на основі використання скануючих режимів і комбінації фізіологічних показників в якості біологічного відгуку, дозволяє визначити ефективні параметри фототерапевтичного впливу під час проведення процедури. Дослідження запропонованої системи адаптивного впливу підтвердили можливість визначення ефективних параметрів опромінення на етапі сканування по максимальному значенню біологічного відгуку.

6. Проведено випробування розробленого дослідного зразка лікувально-діагностичного комплексу та показано, що комплекс може бути використано, з високою ефективністю, як медичними закладами для проведення процедур загальної та комплексної фототерапії, так і науково-дослідними установами для подальшого розвитку та вдосконалення методик фототерапії.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Куличенко В. В. Измеритель частоты сердечных сокращений с автоматическим выбором поддиапазонов / А. В. Кипенский, В. В. Куличенко, И. А. Лукьянова // Вестник НТУ «ХПИ». Тем. выпуск «Системний аналіз, управління та інформа-

ційні технології.». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2004. – № 18. – С. 49-52.

2. Куличенко В. В. Микропроцессорные блоки импульсного управления фотонными излучателями терапевтического назначения / Е. И. Сокол, А. В. Кипенский, Е. И. Король [и др.] // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск: Силова електроніка та енергоефективність. – Київ: ІЕД НАНУ, 2005. – Ч. 4. – С. 113-118.

3. Куличенко В. В. Фотонный полихромный безультрафиолетовый солярий для комплексной фототерапии с двухпроцессорной системой импульсного управления / Е. И. Сокол, А. В. Кипенский, В. В. Куличенко [и др.] // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск: Силова електроніка та енергоефективність. – Київ: ІЕД НАНУ, 2008. – Ч. 4. – С. 101-107.

4. Куличенко В. В. Аппарат для комплексной фототерапии с расширенными функциональными возможностями / Е. И. Сокол, А. В. Кипенский, В. В. Куличенко [и др.] // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск: Силова електроніка та енергоефективність. – Київ: ІЕД НАНУ, 2010. – Ч. 1. – С. 278-282.

5. Куличенко В. В. Повышение эффективности фототерапии путем автоматического подбора оптимальных параметров воздействия / Е. И. Сокол, А. В. Кипенский, В. В. Куличенко // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск: Силова електроніка та енергоефективність. – Київ: ІЕД НАНУ, 2011. – Ч. 1. – С. 313-317.

6. Куличенко В. В. Анализ методов измерения ритмических физиологических показателей человека при проведении физиотерапевтических процедур / А. В. Кипенский, Б. М. Горкунов, В. В. Куличенко [и др.] // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск: Силова електроніка та енергоефективність. – Київ: ІЕД НАНУ, 2012. – Ч. 2. – С. 180-186.

7. Куличенко В. В. Новые возможности фототерапевтических аппаратов корпорации «Лазер и здоровье» / Е. И. Сокол, А. В. Кипенский, Е. И. Король [и др.] // Применение лазеров в медицине и биологии: материалы XXIII Международной научно-практической конференции, 25-28 мая 2005 г.: материалы конференции. – Николаев, 2005. – С. 127-132.

8. Куличенко В. В. Микропроцессорная система импульсного управления универсальным фотонным гинекологическим зондом «БАРВА-ГИН» / Е. И. Сокол, А. В. Кипенский, Е. И. Король [и др.] // Применение лазеров в медицине и биологии: материалы XXIV Международной научно-практической конференции, 5-8 октября 2005 г.: материалы конференции. – Ялта, 2005. – С. 172-174.

9. Куличенко В. В. Пятиканальные микропроцессорные блоки импульсного управления МПБ-5С/800 и МПБ-5С/2000 / А. В. Кипенский, Е. И. Сокол, Е. И. Король [и др.] // Применение лазеров в медицине и биологии: материалы XXVII Международной научно-практической конференции, 18-21 апреля 2007 г.: материалы конференции. – Х., 2007. – С. 143-147.

10. Куличенко В. В. Трехканальный микропроцессорный блок импульсного управления МПБ-3С/500 / А. В. Кипенский, Е. И. Сокол, Е. И. Король [и др.] // Применение лазеров в медицине и биологии: материалы XXVII Международной научно-практической конференции, 18-21 апреля 2007 г.: материалы конферен-

ции. – X., 2007. – С. 147-150.

11. Куличенко В. В. Четырехканальные микропроцессорные блоки импульсного управления МПБ-4/250 и МПБ-4/750 / А. В. Кипенский, Е. И. Сокол, Е. И. Король [и др.] // Применение лазеров в медицине и биологии: материалы XXVII Международной научно-практической конференции, 18-21 апреля 2007 г.: материалы конференции. – X., 2007. – С. 151-154.

12. Куличенко В. В. Підвищення ефективності фототерапевтичної апаратури серії «Барва» за рахунок використання режимів сканування / А. В. Кіпенський, Є. І. Сокол, Є. І. Король, В. В. Куличенко // Применение лазеров в медицине и биологии: материалы XXIX Международной научно-практической конференции, 21-24 мая 2008 г.: материалы конференции. – X., 2008. – С. 177-180.

13. Куличенко В. В. Перспективы использования вычислительной техники в лечебно-диагностических комплексах / В. В. Куличенко // Применение лазеров в медицине и биологии: материалы XXIX Международной научно-практической конференции, 21-24 мая 2008 г.: материалы конференции. – X., 2008. – С. 222-224.

14. Куличенко В. В. Режимы биосинхронизации в аппарате для комплексной фототерапии / А. В. Кипенский, В. В. Куличенко, А. И. Чурсина // Применение лазеров в медицине и биологии: материалы XXXI Международной научно-практической конференции, 20-23 мая 2009 г.: материалы конференции. – X., 2009. – С. 168-171.

15. Куличенко В. В. Концепция метода комплексной фототерапии и предложения по его аппаратному обеспечению / В. В. Куличенко, А. И. Чурсина // Применение лазеров в медицине и биологии: материалы XXXI Международной научно-практической конференции, 20-23 мая 2009 г.: материалы конференции. – X., 2009. – С. 168-171.

16. Куличенко В. В. Режимы воздействия в фототерапии / В. В. Куличенко, А. И. Чурсина // Матеріали IV Університетської науково-практичної конференції магістрантів Національного Технічного Університету «Харківський Політехнічний Інститут». – Харків: НТУ «ХП», 2010. – Ч. 2. – С. 184-186.

17. Куличенко В. В. Регулирование интенсивности излучения в фототерапевтических аппаратах / А. В. Кипенский, В. В. Куличенко, А. И. Чурсина // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: матеріали XVIII міжнародної науково-практичної конференції. – Харків: НТУ «ХП», 2010. – Ч. II. – С. 163.

18. Куличенко В. В. Обеспечение оптимальной дозы фототерапевтического воздействия / А. В. Кипенский, В. В. Куличенко // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: матеріали XIX міжнародної науково-практичної конференції. – Харків: НТУ «ХП», 2011. – Ч. II. – С. 152.

19. Куличенко В. В. Биосинхронизация параметров облучения при комплексном воздействии световым излучением / Куличенко Вячеслав Викторович // Применение лазеров в медицине и биологии: материалы XXXI Международной научно-практической конференции, 25-28 мая 2011 г.: материалы конференции.

– Х., 2011. – С. 129-131.

20. Куличенко В. В. Распределение излучения, генерируемого светоизлучающими диодами, в кожных покровах человека / Е. И. Сокол, А. В. Кипенский, В. В. Куличенко // Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития. Сборник научных трудов – Харьков: АНПРЭ, ХНУРЭ. 2011. – Т. III. Конференция «Актуальные проблемы биомедицинской инженерии». – С.100-103.

21. Куличенко В. В. Моделирование распределения электромагнитного излучения видимого диапазона в биологических тканях / А. В. Кипенский, В. В. Куличенко // Сборник научных трудов – Харьков: НТУ «ХПИ». 2012. – Т.9. Конференция «Математические методы в технике и технологиях». – С.41-45.

АНОТАЦІЇ

Куліченко В. В. Метод адаптивного впливу і система комплексної фототерапії з мікропроцесорним керуванням. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.11.17 – біологічні та медичні прилади і системи. – Харківського національного університету радіоелектроніки, Харків, 2013.

Дисертація присвячена розширенню функціональних можливостей систем комплексної фототерапії, шляхом визначення параметрів впливу на підставі оцінки змін фізіологічних показників людини. Проведено аналіз джерел електромагнітного випромінювання видимого діапазону, які можуть бути використані при побудові випромінювачів для комплексної фототерапії, та обґрунтовано використання світловипромінюючих діодів. Розроблена математична модель розподілу ЕМВ ВД в біологічних тканинах для оцінки впливу технічних характеристик СІД на коефіцієнти відбиття і поглинання різними шарами шкіри. Розроблено методику розрахунку випромінювачів прямокутної форми на основі світловипромінювальних діодів. Запропоновано математичну модель для оцінки відхилення і нерівномірності розподілу інтенсивності ЕМВ ВД від випромінювача на поверхні шкірних покривів людини. Удосконалена концепція біосинхронізації параметрів впливу при проведенні процедур загальної та комплексної фототерапії. Розроблено метод адаптивного впливу, на основі використання скануючих режимів і комбінації фізіологічних показників в якості біологічного відгуку, що дозволяє визначити ефективні параметри фототерапевтичного впливу під час проведення процедури. Розроблено та проведено експериментальні дослідження дослідного зразка лікувально-діагностичного комплексу. Розроблений метод адаптивного впливу та удосконалені принципи біосинхронізації, які використані при розробці і виробництві лікувально-діагностичного комплексу в фірмі «РАДМІР» ДП АТ НДІРВ (м. Харків).

Ключові слова: апарат фототерапевтичний, випромінювач, показники фізіологічні, параметри впливу, випромінювання електромагнітне видимого діапазону, метод адаптивного впливу, функція впливу, режими сканування.

Куличенко В. В. Метод адаптивного воздействия и система комплексной фототерапии с микропроцессорным управлением. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.17 – биологические и медицинские приборы и системы. – Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков, 20013.

Диссертация посвящена расширению функциональных возможностей систем комплексной фототерапии, путем автоматического определения параметров воздействия на основании изменений физиологических показателей человека.

В работе проведен анализ аппаратного обеспечения метода фототерапии и определены основные параметры регулирования воздействия. Проведен анализ источников электромагнитного излучения видимого диапазона, которые могут быть использованы при построении излучателей для комплексной фототерапии, и обосновано использование светоизлучающих диодов, обладающих длительным сроком службы, большой светоотдачей, и малой инерционностью.

Разработана математическая модель распределения ЭМИ ВД позволяющая оценивать влияние технических характеристик СИД, таких как длина волны излучения, угол половинной яркости и диаграмма направленности, на коэффициенты отражения и поглощения различными слоями кожи. Определена зависимость коэффициента поглощения кожи от изменения кровенаполнения сосудов размещенных в ней, что позволило обосновать применение режимов биосинхронизации параметров воздействия по пульсовой волне.

Разработана методика расчета излучателей прямоугольной формы на основе СИД с учетом их технических характеристик и коэффициента отражения ЭМИ ВД от кожных покровов, позволила произвести расчет необходимого количества СИД и расположение их в излучателе при заданной интенсивности воздействия в определенной области. Предложена математическая модели распределения интенсивности ЭМИ ВД на поверхности кожных покровов человека, позволяющая оценить достоверность разработанной методики по отклонению полученной интенсивности, составляющее не более 5 % от заданного значения и неравномерности распределения колеблющейся в пределах 1 %.

Усовершенствована концепция биосинхронизации параметров воздействия при проведении процедур комплексной фототерапии, основывающиеся на измерении скорости распространения пульсовой волны, и позволяющая осуществлять изменения интенсивности ЭМИ ВД с кровенаполнением кожных покровов.

Разработан метод адаптивного воздействия, на основе использования сканирующих режимов и комбинации физиологических показателей в качестве биологического отклика, который позволяет определить эффективные параметры фототерапевтического воздействия во время проведения процедуры. Исследования предложенной математической модели системы адаптивного воздействия подтвердили возможность определения эффективных параметров облучения на этапе сканирования «функции воздействия» по максимальному значению биологического отклика.

Технические испытания опытного образца лечебно-диагностического комплекса показали, что отклонение значения при регулировании мощности в диапазоне от 5 до 95 % от максимальной величины не превышает 5 %, отклонение частоты модуляции не превышает 1 %, отклонение периода сканирования «функции воздействия» не превышает 2 %. Распределение интенсивности формируемой излучателем подтверждает адекватность предложенной методики.

Разработанный метод адаптивного воздействия и усовершенствованные принципы биосинхронизации внедрены при разработке и производстве лечебно-диагностического комплекса в фирме «РАДМИР» ДП АО НИИРИ (г. Харьков).

Ключевые слова: фототерапевтический аппарат, излучатель, физиологические показатели, параметры воздействия, электромагнитное излучение видимого диапазона, метод адаптивного воздействия, функция воздействия, сканирующие режимы.

Kulichenko V.V. The method of adaptive impact and system of complex phototherapy with microprocessor control. – Manuscript.

Dissertation for the degree of candidate of technical sciences in specialty 05.11.17 - Biological and medical devices and systems. - Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, 2013.

The thesis is devoted to expanding functionality of the integrated systems phototherapy, by automatically determining parameters of impact of changes on basis of human physiological parameters.

The thesis is devoted to expanding functionality of integrated systems for complex phototherapy, by determining influence of parameters on the basis of changes in physiological parameters of humans. The analysis of electromagnetic radiation sources of the visible range (EMR VR), which can be used in constructing radiant for complex phototherapy, allowed justifying the use of light emitting diodes (LED). A mathematical model of the distribution of EMR VR in biological tissues allowed assessing the impact of technical characteristics of LED on the coefficients of reflection and absorption of different layers of skin. The method of rectangular emitters based calculation on LED. The mathematical model to estimate the variation and the uneven distribution of intensity of radiant on the surface of human skin. Advanced principles biological timing parameters of impact in the treatment of general and comprehensive phototherapy. The method of adaptive impact through use of scanning modes and combinations of physiological parameters as a biological response to determine effective parameters phototherapeutic impact procedure. The prototype medical-diagnostic complex and carried out his experimental research. The method of adaptive impact and improved principles biological timing that used in the design of medical diagnostic center in the RADMIR company of the State Enterprise Joint Stock Company NIIRI (Kharkiv).

Keywords: phototherapeutic apparatus, electromagnetic radiation, physiological parameters, the parameters of impact, electromagnetic radiation of the visible range, the method of adaptive impact, function impact, scanning modes.

Підп. До друку 23.03.13.
Умов. друк. арк. 1,2.
Зам. № 2-268

Формат 60x84 1/16
Облік. вид. арк. 1,0.
Ціна договірна

Спосіб друку – ризографія.
Тираж 100 прим.

ХНУРЕ. Україна. 61166, Харків, просп. Леніна, 14

Віддруковано в навчально-науковому
видавничо-поліграфічному центрі ХНУРЕ
61166, Харків, просп. Леніна, 14