

Ключові слова: медико-біологічні сигнали, розпізнавання, модифікації процедур відбору інформативних ознак, навчання з вчителем.

^{1, 2)} **A. Shachikov, ²⁾V. Shelofast, ²⁾A. Shulyak**

¹⁾ *University of Lorraine-INRIA-CNRS F-54506 Nancy, France;*

²⁾ *National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute",
Kyiv, Ukraine*

MODIFICATION OF SELECTION PROCEDURES CYCLIC CHARACTERISTICS OF BIOMEDICAL SIGNALS FOR THEIR RECOGNITION

A formal statistical selection of the most informative features for usage during recognition is a productive direction of improving the quality of signal recognition in supervised learning systems. The article reveals the formation of modifications of feature selecting procedures under the correlation approach to signal recognition and the possibility of finding among these procedures ones that most adequately provide the decision regarding the feature set in accordance with the peculiarities of these signals and the composition of the software tools used.

The studies are illustrated by examples of signal processing for the problem of recognition of QRS complexes of two types in the one-lead record of the patient's electrocardiogram taken as a training sample from the database. The presented procedures allow to reveal and realize the reserves of quality improvement of signal recognition by selecting the rational feature set for further usage.

Keywords: biomedical signals, recognition, modification of procedures of informative features selection, supervised learning.

*Надійшла до редакції
10 квітня 2017 року*

*Рецензовано
22 квітня 2017 року*

© Шачиков А. Д., Шелофаст В. А., Шуляк О. П., 2017

УДК 621.384.4

ДОСЛІДЖЕННЯ РІВНЯ ОПРОМІНЕННЯ ПРИСТРОЮ СВІТЛОТЕРАПІЇ

¹⁾ *Яненко О. П., ²⁾Кузь В. І.*

¹⁾ *Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна*

²⁾ *Національний технічний університет ім. І. Пулюя, м. Тернопіль, Україна
E-mail: OP291@meta.ua*

Проаналізовано основні фотобіологічні методи впливу оптичного випромінювання ультрафіолетового діапазону хвиль (250-400 нм), які використовуються для опромінення ураженого шкірного покриву людини, виявлено значне непропорційне розміщення джерел світла, що призводить до нерівномірного формування світлового потоку на біологічному об'єкті і знижує ефективність світлотерапії.

Розроблена та запропонована методика розрахунку для створення рівномірного розподілу освітленості на поверхні опромінення та наведено рекомендації щодо отримання оптимального світлового поля оптико-електронної системи пристрою для світлотерапії. Наводяться відомості про нові сучасні напівпровідникові джерела ультрафіолетового випромінювання (250-350 нм). На відміну від ртутних ламп розглянуті світлодіодні елементи забезпечують можливість побудови компактних комп'ютерних регульованих світлотерапевтичних пристроїв для застосування в фотомедичних технологіях.

Ключові слова: *оптичне випромінювання, оптико-електронна система, біооб'єкт, світлодіодна матриця, джерело випромінювання, пристрій світлотерапії.*

Вступ

Широкого розвитку та застосування набула світлотерапія, особливо, технологія біологічної дії ультрафіолетового випромінювання, яка передбачає опромінення визначеної області

біооб'єкта й зумовлена властивістю молекул речовин, що входять до складу клітин живих організмів, поглинати кванти випромінювання та спричиняти фотохімічні реакції, які змінюють їхню структуру і функції [1-5]. Ультрафіолетове

випромінювання (із всього оптичного діапазону) характеризується найвищою енергією квантів та більшою різноманітністю відповідних реакцій біооб'єкта, оскільки воно поглинається значною кількістю біохімічних компонентів клітин, різних рецепторів, шкіри, сполучної тканини тощо [2, 4]. Випромінювання ультрафіолету широко застосовують у медицині для лікування різних захворювань шкіри – екзем, псоріазу, фототерапії пухлин, опромінення крові (фотофорез) тощо. Лікувальна дія залежить від довжини хвилі, інтенсивності, тривалості та рівномірності опромінення.

Аналіз відомих результатів досліджень

Недоліками відомих на сьогоднішні світлотерапевтичних пристроїв є нерівномірне опромінення біологічного середовища і відсутність можливості управління параметрами світлодіодів та контролю рівня випромінювання і поглинання енергії світлового потоку в процесі процедури, а відповідно неможливість оцінки біологічного ефекту та прогнозування результатів світлотерапії.

Метою роботи є дослідження пристрою для світлотерапії, моделювання розподілу рівномірного освітлення ділянки біологічної поверхні та оцінювання впливу дози опромінення на біооб'єкт.

Матеріали та методи досліджень

Складність забезпечення рівномірного опромінення поверхні є причиною недостатнього застосування фотомедичних технологій, а тому постає завдання удосконалення їх шляхом розвитку математичних моделей для пошуку нових підходів у виборі джерела випромінювання та реалізації на їх основі нових оптико-електронних пристроїв (ОЕП) із неперервним контролем параметрів процесу.

Встановлено, що жоден з існуючих пристроїв для світлотерапії не забезпечує необхідну рівномірність опромінювання [5]. Тому використання напівпровідникових елементів для оптико-електронних пристроїв динамічного випромінювання, що можуть застосовуватися у фотомедичних технологіях в діапазоні довжин хвиль (250–350 нм) є перспективним, оскільки вони володіють покращеним коефіцієнтом корисної дії і можливістю регулювання просторового розподілу енергії в малих площинах для різного спектру випромінювання. Також вони характеризуються незначною величиною робочої напруги та струму (1,5–3,0 В, 3–50 мА), малою інерційністю при роботі в імпульсному режимі, високою надійністю, низькою вартістю тощо. На відміну від традиційних розрядних джерел випромінювання, такі пристрої, не потребують пускорегулювальних засобів, допускають послідовне та паралельне з'єднання для регулювання робочої поверхні, забезпечують надійну роботу в імпульсному режимі, допускають керування випромінюванням в заданому діапазоні енергетичних та часових параметрів.

Світлодіоди (СВД) завдяки суттєвим перевагам та відповідності медичним вимогам [2] дозволяють створення на їх основі СВД-матриць, які забезпечують можливість реалізувати стаціонарні і стимуляційні режими опромінення по всій його площі за допомогою програмно керованих комутатій СВД різних характеристик.

Сучасні ультрафіолетові світлодіоди (табл. 1.), забезпечують опромінення в ближній ультрафіолетовій області. Для створення необхідного рівномірного опромінення потрібні світлодіоди із кутами випромінювання в межах 30–120°, потужністю випромінювання від 10 мВт та розмірами від 3 мм до 5 мм, які здатні забезпечити умови проведення сеансу фототерапії [1].

Таблиця 1. Характеристики типових ультрафіолетових світлодіодів

Модель СВД	Спектр випромінювання	Потужність мкВт	Кут випромінювання град.	Виробник
BIO-UV LED				
S8d25d	255 нм	200	90	Seoul Optodevice
S8D26C	265 нм	600	65	
S8D31D	310 нм	1600	30	
S8D34D	340 нм	2100	50	
UVTOP300-HL-TO39	300±5 нм	600	120	Roithner Lasertechnik
UVTOP310-NW-TO39	310±5 нм	600	90	Roithner Lasertechnik
UVTOP320-BL-TO39	320±5 нм	700	120	Roithner Lasertechnik
Narrow Band UVB	311 ±2 нм	600	60	Narrow Band

До складу матриці входять СВД зі спектральними характеристиками в УФ області. Для забезпечення необхідної густини оптичного потоку E_ϕ ($0,5 \text{ Вт/см}^2$) у ДВ типових пристроїв фототерапії потрібно вибрати певну кількість N світлодіодів з оптичною густиною світлового потоку $E_{\text{СВД}}$.

За довідковими даними [5], густина світлового потоку E одного промислового СВД становити від 10 мВт/см^2 до 1 Вт/см^2 .

Із співвідношення оптичних густин випромінювання в типовій випромінювальній частині на основі ртутних джерел світла низького тиску до СВД, визначаємо необхідну кількість СВД в матриці:

$$N = E_\phi / E_{\text{СВД}} \quad (1)$$

Виходячи з обрахунків, для забезпечення оптичної потужності світлового потоку в $0,5 \text{ Вт/см}^2$ потрібно від 8 до сотень СВД.

Припустимо, що середнє шкірне ураження має площу $150 \times 150 \text{ мм}$. З погляду мініатюризації, потрібно використовувати СВД розміром 3-5 мм, для чого розраховуємо кількість таких СВД з врахуванням їх оптичних потужностей випромінювання. Для оцінки візьмемо УФ СВД типу BIO-UVLEDS8D31D діаметром 5 мм, оптичною потужністю випромінювання $E_{\text{СВД}} = 16 \text{ мВт/см}^2$ та кутом випромінювання у 30 градусів, криві сили світла зображені на рис. 1. Для забезпечення технологічних умов необхідно близько 30 СВД.

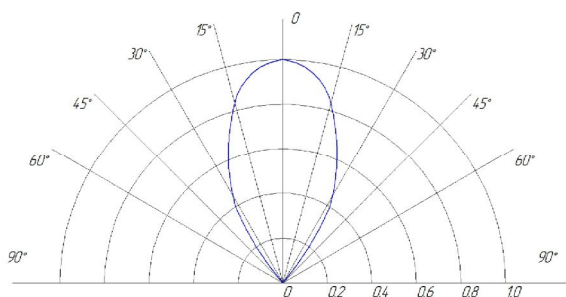


Рис. 1. КСС світлодіода типу BIO-UVLEDS8D31D

Оптико-електронна система динамічного випромінювання на основі матриці СВД передбачає розміщення СВД на певній відстані один від одного з врахуванням їх кутів розсіяння для досягнення рівномірності опромінення біологічного середовища.

Для розрахунку рівня та рівномірності опромінення використаємо точковий метод, а також програмне забезпечення DIALux evo.

Визначаємо розподіл опромінення, прийнявши джерело випромінювання точковим (рис. 2).

Для точкового джерела

$$E_e = I_{\text{ea}}(\alpha) \cdot \frac{1}{l^2} \cos \alpha = \{I_e(\alpha) = I_0 \cdot \cos^7 \alpha\} = I_0 \cdot \cos^8 \alpha \frac{1}{l^2} \quad (2)$$

Оскільки необхідно визначити опромінення в точці, то

$$E_e = I_{\text{ea}}(\alpha) \cdot \frac{1}{l^2} \cos \alpha = \{I_e(\alpha) = I_0 \cdot \cos^7 \alpha\} = I_0 \cdot \cos^8 \alpha \frac{1}{l^2}, \quad (3)$$

$$\text{де } l = \frac{h}{\cos \alpha}, \quad \alpha = \arctg\left(\frac{a}{h}\right).$$

Для отримання рівномірного світлового поля опромінення ($\approx 225 \text{ см}^2$) можна розрахувати оптимальну відстань $H = (H_1 + h)$ від випромінювача до біоповерхні, де H_1 - відстань від матриці світлодіодів до біоповерхні, $h = 0,87 \text{ см}$ - висота світлодіода.

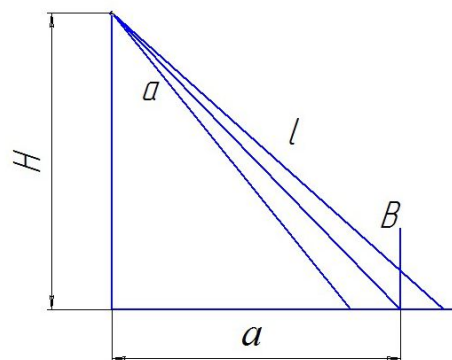


Рис. 2. Випромінювання точковим джерелом

При $H = 2,87 \text{ см}$: радіус світлової плями одного світлодіода буде дорівнювати $0,471 \text{ см}$, площа світлової плями одного світлодіода $0,696 \text{ см}^2$; від тридцяти світлодіодів – $207 \text{ см}^2 < 225 \text{ см}^2$.

При $H = 3,87 \text{ см}$: радіус світлової плями одного світлодіода $0,621 \text{ см}$, площа світлової плями одного світлодіода $1,2 \text{ см}^2$, від тридцяти світлодіодів $363 \text{ см}^2 > 225 \text{ см}^2$, що відповідає умовам завдання.

Розраховуємо опромінення площини від точкового джерела з симетричним світлорозподілом:

1) задаємо координати точки підвісу опромінювача та кути нахилу його оптичної осі α і γ відносно осей OZ та OX;

2) задаємо рівень опромінення;

3) опромінювальна ділянка S задається у вигляді прямокутника з сторонами $R_x \times R_y$ та напрямком нормалі $\vec{N}(N_x, N_y, N_z)$;

4) вибрана ділянка розбивається на

елементарні квадратні площадки зі стороною Δ ;

5) кожній площадці присвоюється пара цілих чисел (i, j) , які відповідають її координатам по осях OX, OY , якщо за одиничний відрізок прийняти Δ ;

б) визначається опромінення E_{ij} кожної елементарної площадки Δ_{ij} на ділянці розміром $2R_x \times 2R_y$ від опромінювача, розташованого в її центрі (тут враховано те, що опромінювач в OY може бути розміщений в будь-якій точці заданої поверхні, навіть в одній із крайніх);

7) записується матриця $\{E\}$ розміром $2R_x/\Delta \times 2R_y/\Delta$, елементами якої є середні значення опромінення E_{ij} кожної елементарної площадки Δ_{ij} .

Задаємо розміри опромінювальної ділянки та положення опромінювача у програмному забезпеченні DIALux evo: $R_x=1$ м, $R_y=1$ м, $\Delta=0,05$ м, $h=0,3$ м, $\alpha=\{0^\circ; 0^\circ\}$ та проводимо розрахунок її опромінення за вказаною схемою. На рис. 3 наведено розподіл (інтенсивності) опромінення прямокутної ділянки, від одного світлодіодного модуля.

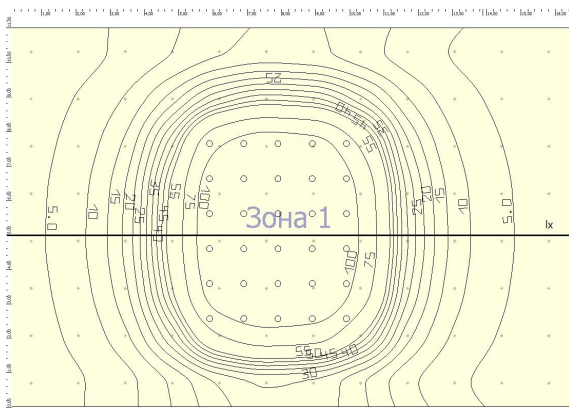


Рис. 3. Розподіл інтенсивності світла на ділянці опромінення світлодіодним модулем

Результати, їх обговорення

Отже, джерела випромінювання на основі світлодіодів, створюють необхідні рівномірні оптичні потужності на передбаченій технологією площі опромінюваної поверхні.

Створення рівномірно розподіленого об'ємно-просторового світлового поля комплексно стимулює процес лікування шкіри при світлотерапії і дозволяє операторові спостерігати як за ходом проведення процедури, так і приймати рішення щодо оптимальності і корекції процесу світлотерапії.

Висновки

1. На основі експериментально теоретичних результатів запропоновано комплексний підхід щодо створення альтернативи існуючим пристроям світлотерапії на нових принципах об'єднання

максимально мініатюризованих оптоелектронних елементів в єдиний оптико-електронний пристрій рівномірного динамічного випромінювання та контролю.

2. Розроблені підходи до створення рівномірного режиму опромінення в апаратурі світлотерапії є технічно можливими та сприяють створенню на їх основі альтернативних джерел опромінення в пристроях світлотерапії

3. На основі аналізу фототерапевтичних пристроїв опромінення, а саме – джерел випромінювання, запропоновано реалізувати джерело у вигляді матриці світлодіодів. Така матриця забезпечує технологічні переваги в процесі лікування, щодо спектру випромінювання, оптичної потужності та рівномірності

4. Підвищено ефективність рівномірного опромінення поверхні біологічного середовища, удосконалено шляхи розвитку математичних моделей для пошуку нових підходів у виборі джерел випромінювання. На основі математичного моделювання встановлено вимоги щодо вибору оптимальних параметрів, які визначають характеристики розроблюваних оптико-електронних пристроїв.

5. Розроблено вимоги та створена конструкція щодо розташування оптичних напівпровідникових елементів у матричному випромінювачі для світлотерапії, на основі оптико-електронного перетворювача із світлодіодами типу BIO-UV LEADS8D31D ультрафіолетового діапазону.

Література

1. Оптическая биомедицинская диагностика. В 2 т. Т. 1; пер. с англ. под ред. В.Тучина. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 560 с.
2. Photobiology: The science of life and light / Lars Olof Bjorm. – 2-nd edition. Lund: Springer. 2010. – 695 p.
3. Robulova B. M. Exposure of human skin of continuous supervision and control of process parameters / Robulova B. M, Kuz V. I, Tkachuk R. A. // Measuring and computing in industrial processes. – 2014. – №1 (46). – P. 145-149.
4. R. A. Tkachuk, Study of effect of modeling biophysical light scattering in biological media / R. A. Tkachuk, V.I. Kuz. // Measuring and computing devices in technological processes, Khmelnytsk.: №2. – 2015. – P.121 – 126.
5. Андрійчук В. А. Аналітичний метод світлотехнічного розрахунку для опромінювальних пристроїв з несиметричним світловим розподілом / В. А. Андрійчук, І. А. Зеленков // Матеріали IV Міжнародної науково-технічної конференції "АВІА-2002" 23-25 квітня 2002 року, м. Київ: Національний авіаційний університет. – 2002р. – Т.2 Аерокосмічні системи моніторингу та керування, Секція: Авіоніка. – С. 23.79-23.82.

б. Патент України №113732 А61В 5/00.
 Пристрій для світлотерапії / О. П. Яненко,
 К. Л. Шевченко, Р. А. Ткачук, В. І. Кузь, заяв-

ка № u201608572, заявл. 04.08.2016, опубл.
 10.02.2017- Бюл. № 3.

УДК 621.384.4

¹⁾О. П. Яненко, ²⁾ В. І. Кузь

¹⁾Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт им. И. Сикорского», г. Киев, Украина;

²⁾Национальный технический университет им. И. Пулюя, г. Тернополь, Украина

ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЯ ОБЛУЧЕНИЯ УСТРОЙСТВА СВЕТОТЕРАПИИ

Проанализированы основные фотобиологические методы воздействия оптического излучения ультрафиолетового диапазона волн (250-400 нм), которые используются для облучения пораженного кожного покрова человека, выявлено значительное непропорциональное размещение источников света, что приводит к неравномерному формированию светового потока на биологическом объекте и снижает эффективность светотерапии.

Разработана и предложена методика расчета для создания равномерного распределения освещенности на поверхности облучения и приведены рекомендации получения оптимального светового поля оптоэлектронной системы устройства для светотерапии.

Приводятся сведения о новых современных полупроводниковых источниках ультрафиолетового излучения (250-350 нм). В отличие от ртутных ламп светодиодные элементы обеспечивают возможность построения компактных компьютерных регулируемых светотерапевтических устройств для применения в фотомедицинских технологиях.

Ключевые слова: оптическое излучение, оптоэлектронная система, биообъект, светодиодная матрица, источник излучения, устройство светотерапии.

¹⁾O. Yanenko, ²⁾V. Kuz

¹⁾National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine;

²⁾Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, Ukraine

RESEARCH UNIT OF RADIATION LIGHT THERAPY

The basic photobiological methods of the action of optical radiation of the ultraviolet range of waves (250-400 nm), which are used to irradiate the affected skin of a person, revealed a significant disproportionate placement of light sources, which leads to uneven light flow on the biological object and reduces the effectiveness of light therapy.

A calculation technique was developed and proposed to create an even distribution of illumination on the irradiation surface and recommendations are given for obtaining the optimum light field of the optoelectronic system of the device for light therapy.

Data on new modern semiconductor sources of ultraviolet radiation (250-350 nm) are given. Unlike mercury lamps, LED elements allow the construction of compact computer-controlled light-therapy devices for use in photomedical technologies.

Keywords: Optical radiation, opto-electronic, biological objects, LED matrix, the source of radiation, light therapeutic device.

Надійшла до редакції
 20 квітня 2017 року

Рецензовано
 28 квітня 2017 року

© Яненко О. П., Кузь В. І., 2017