

пользователя в их составе. Перспективными являются исследования по более полной реализации информативности реакций в ЧСС на нагрузку – на основе консилиума интерпретаций данных по различными методикам проведения тестов (на усилие, на восстановление), которые отработаны многолетней медицинской практикой, а также использования критериев оценки трендов ЧСС целиком по степени их паталогичности и дополнительно – характеристик вариабельности сердечного ритма, что возможно благодаря применению рассмотренной имитационной модели.

### Литература

1. Shuliak A. P. Specialized pulsimeter for the supervision of frequency heart-throbs trend at testing of patient physical activity [Text] / A. P. Shuliak, A. B. Bilyk, S. V. Mykhailenko // Electronics and nanotechnology. Proceedings of the XXXII International Scientific Conference ELNANO 2012, National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine, April 10-12, 2012.
2. Амосов, Н. М. Физическая активность и сердце [Текст] / Н. М. Амосов, Я. А. Бендет. – К.: Здоровье, 1989. – 216 с.
3. Антамонов, М.Ю. Математическая обработка и анализ медико-биологических данных [Текст] / М.Ю. Антамонов – М.: Наука, 2005. – 558 с.
4. Дюк, В. Информационные технологии в медико-биологических исследованиях [Текст] / В. Дюк, В. Эммануэль. – СПб.: Питер, 2003. – С. 312-333
5. Билык А. В. Об аппаратно-программном комплексе для отработки вопросов исследования приспособительных реакций человека в диагностике и оценке состояния здоровья исследованиях [Текст] / А. В. Билык, А. П. Шуляк // Электроника и связь. Тематический выпуск "Электроника и нанотехнологии". – 2011. – № 3. – С. 171-175.

Надійшла до редакції  
07 квітня 2014 року

© Шуляк А. П., Шачиков А. Д., 2014

УДК 615.831.7

## ПРИЛАД ДЛЯ СВІТЛОТЕРАПІЇ ТА ОПРОМІНЕННЯ АКУПУНКТУРНИХ ТОЧОК

Яненко О. П., Михайленко С. В.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,  
м. Київ, Україна

У статті розглянута структурна схема приладу для світлотерапії біологічно активних акупунктурних точок (БАТ).

Прилад побудований з використанням мултивібратора, який по черзі вмикає світло діоди з різною довжиною хвиль – один з яких забезпечує максимальну глибину проникнення, а інший максимальне поглинання, що збільшує ефективність впливу на акупунктурні точки. Частота мултивібратора при цьому може змінюватися в межах змін частот біологічних ритмів людського організму від десятків до сотень герц. Окрім того, для отримання можливості точкового впливу світлодіоди розміщені в рефлекторі, який забезпечує концентрацію світлового потоку на відстані 15 мм в колі діаметром 5,2 мм.

**Ключові слова:** світлотерапія, світлодіод, біологічно активні точки, рефлектор.

### **Вступ. Постановка задачі**

Під поняттям світла розуміють потік електромагнітного випромінювання у видимому для людського ока діапазоні, розташованого в межах 0,4 – 0,7 мкм. Світловий потік може здійснювати вплив на організм двома шляхами – через орган зору або через шкіру. При дії світла на шкіру спостерігаються, як звичайні оптичні ефекти, що виникають при проходженні світла через неоднорідне середовище, так і біологічна реакція людського організму. Видиме світло є регулятором біоритмів людини, впливає на шкіру, підшкірний комплекс клітин, на складові елементи крові та на нервову систему (на психіку і емоційний стан) [1].

Оскільки шкіра має неоднорідну і багат шарову структуру, процеси відбиття, розсіювання і поглинання падаючого на її поверхню світла протікають дуже складно, враховуючи також і різноплановий вплив світла різної довжини хвиль.

Деяка частина падаючого на шкіру світла відбивається від її поверхні. Проникаюче в тканину оптичне випромінювання піддається багаторазовому розсіюванню, поглинанню різними біологічними структурами. Світло в речовині поглинається іонами, атомами, молекулами і їх комплексами, і менш складними біологічними структурами, такими як ядрами клітин, мітохондріями, самими клітини тощо [2].

Світловим потоком краще опромінювати акупунктурні точки, оскільки в акупунктурних точках опір шкіри і сама товщина шкіри менші, а їх реакція на зовнішнє подразнення більш активне. В цьому разі світло буде значно менше відбиватись і проникатиме в більшій кількості і на значну глибину до організму людини. Слід також врахувати, що акупунктурні точки, як відомо пов'язані з окремими органами людського організму, які також будуть більш активно реагувати на подібний світловий вплив.

Апаратура для світлотерапії охоплює увесь видимий діапазон і залежно від конструктивних особливостей забезпечують зовнішню терапію (для потреб дерматології і косметології: грибкові захворювання шкіри і екзема, трофічні виразки і ін.), внутрішню порожнинну терапію (в отоларингології запальні захворювання, в стоматології - пародонтоз, катаральний гінгівіт, стоматит і т. п., в урології - простатит, цистит і ін., в проктології - тріщини прямої кишки, геморої, анальний свербіж і ін., і в гінекології – захворювання шийки матки, придатків, і ін.) і транскутанне (черезшкірне) опромінення крові, яке використовується для ліквідації наслідків захворювань внутрішніх органів, патології опорно-рухового апарату, пошкоджень шкіри, уражень периферійної нервової системи, захворювань сечостатевої системи і т. п. [3]. До недоліків відомих пристроїв для світло терапії слід віднести розсіюваність світлового потоку по поверхні шкіри, що знижує ефективність терапевтичних процедур. Авторами запропонований прилад для світло терапії акупунктурних точок, який дозволяє значно зменшити цей недолік та підвищить її ефективність, як за рахунок концентрації світлового потоку так і шляхом використання світло діодів з різною проникли-

вою та поглинальною здатністю, модульованих частотами біологічних ритмів людського організму.

### Теоретичні відомості

Відомо, що світлові потоки різних довжин хвиль мають різну глибину проникнення в шкіру організму людини та поглинальну здатність (комбінований розподіл приведений на рис. 1 [4]).

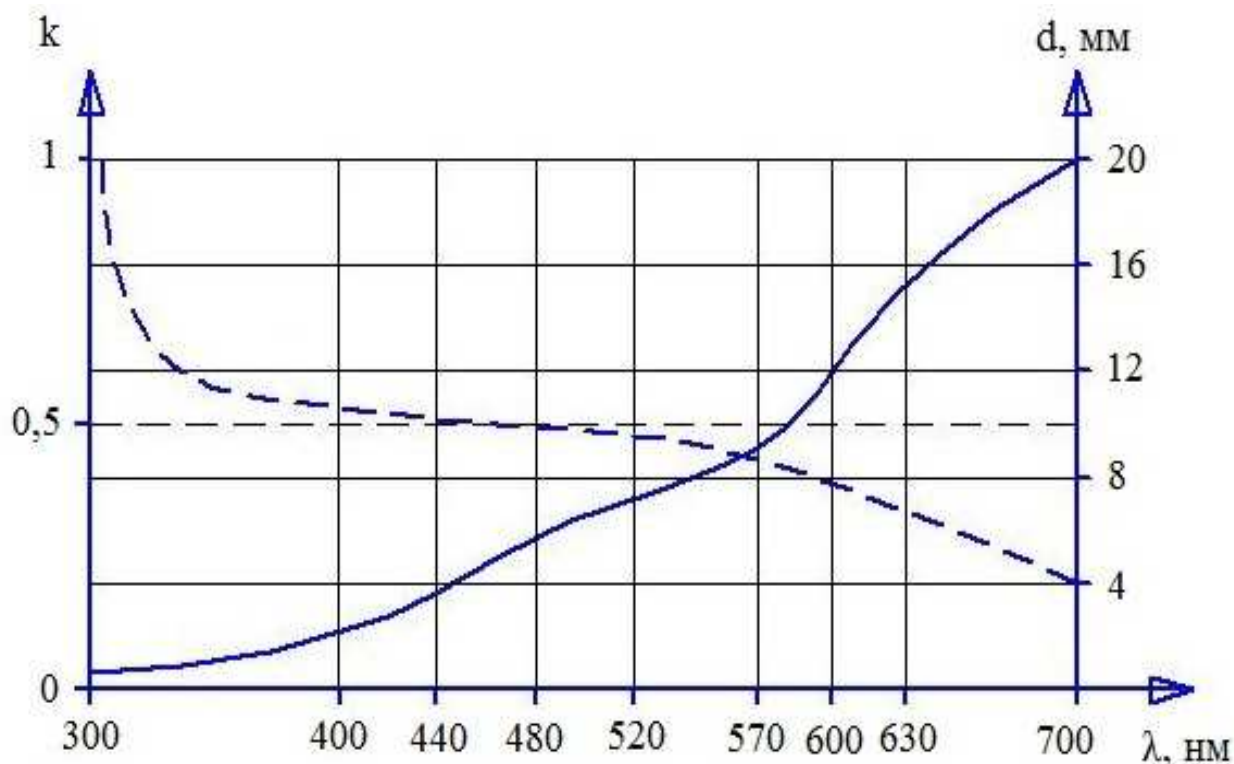


Рис. 1. Залежність проникнення видимого світла до організму людини (d) і коефіцієнт поглинання шкірою (k) від довжини хвилі

Глибина проникнення оптичного випромінювання (рис.1, суцільна лінія) визначається як структурою і характеристиками тканини, так і довжиною хвилі випромінювання [5]. Шкіра людини по-різному пропускає електромагнітні хвилі видимого діапазону. В області діапазону довжин хвиль більше (400 – 700) нм спостерігається зміна поглинання світла зі збільшенням довжини хвилі. При цьому більшою проникаючою здатністю володіє випромінювання червоного діапазону (630-700 нм); глибина проникнення може сягати 15-20 мм. Для фіолетового діапазону хвиль від 400 до 440 нм глибина проникнення оптичного випромінювання складає приблизно 2-3 мм, а для ультра фіолета (400-250 нм) – доли міліметрів [1].

На рис. 1 (штрихова лінія) показаний спектральний розподіл поглинання світла шкірою людини. В ультрафіолетовій області показник поглинання великий і шкіра практично повністю поглинає випромінювання в самих верхніх ша-

рах. У видимій області показник поглинання знижується і залишається майже постійним до червоної області.

### Експериментальне моделювання приладу для світлотерапії

Враховуючи вище наведені властивості дії світла на організм людини, авторами запропонований прилад та конструкція лазерного випромінювача для акупунктурної терапії (рис. 2). Для більш ефективної дії використовуються два світлодіоди з різними довжинами світлового випромінювання. Світлодіоди використовуються двох кольорів – синього та білого (білий охоплює весь спектр видимого діапазону, а синій має невелику глибину проникнення – діє у верхніх шарах шкіри), однак може бути і інша комбінація діодів.

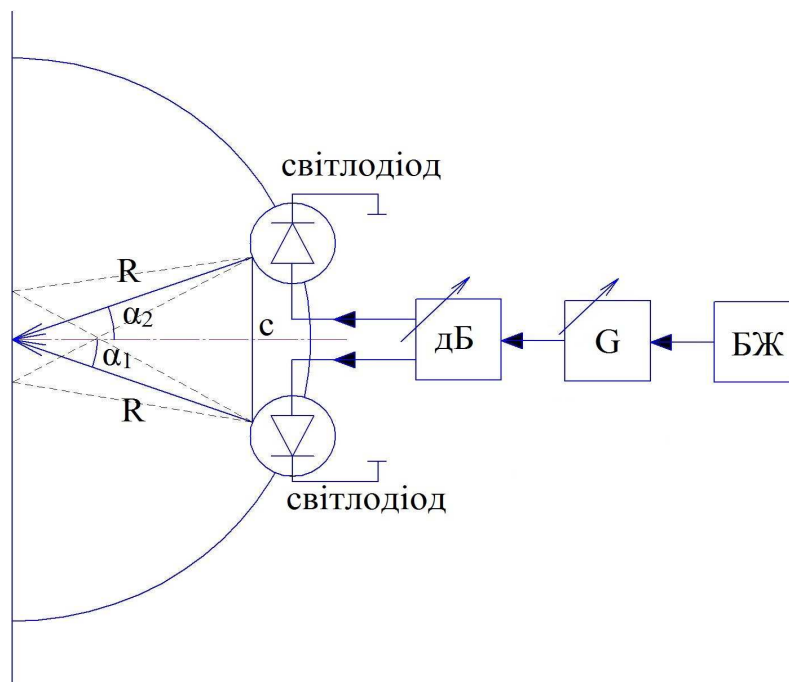


Рис. 2. Схема лазерного випромінювача для акупунктурної терапії з двома світлодіодами різної довжини хвиль

В приладі на рис. 2 в якості генератора G використовується мультивібратор, який по черзі формує імпульси для обох джерел світла різної довжини хвиль. Світлодіоди розташовані під однаковими кутами падіння світлового потоку на шкіру людини  $\alpha_1 = \alpha_2$  [6]. Таким чином два світлодіоди по черзі опромінюють одну і ту ж точку на тілі. За допомогою атенюатора можна змінювати амплітуду сигналу, який надходить на світлодіод, тобто можна міняти рівень яскравості свічення світлодіодів.

Кут падіння світлового потоку можемо визначити за відстанню між світлодіодами ( $c=10$  мм) за формулою:

$$\alpha_1 = \arcsin\left(\frac{c}{2R}\right) = \arcsin\left(\frac{10}{2 \cdot 15}\right) = 20^\circ, \quad (1)$$

де  $R$  – відстань від шкіри людини до джерела випромінювання, (15 мм).

Діаметр кола опромінення, який отримуємо в точці акупунктури, визначимо за формулою:

$$d = 2 \cdot R \cdot \sin \frac{\alpha}{2} = 2 \cdot 15 \cdot \sin \frac{20^\circ}{2} = 5.2 \text{ мм} , \quad (2)$$

де  $\alpha$  – кут свічення для стандартного світлодіода ( $20^\circ$ ).

Враховуючи, що відомі розміри акупунктурних точок діаметром не більше 5 мм, то розраховане значення діаметру кола опромінення задовольняє вимогам повного освітлення БАТ з невеликим запасом.

Розрахуємо площу кола опромінення:

$$S = \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 = \pi \cdot \left(\frac{5.2}{2}\right)^2 = 21.2 \text{ мм}^2, \quad (3)$$

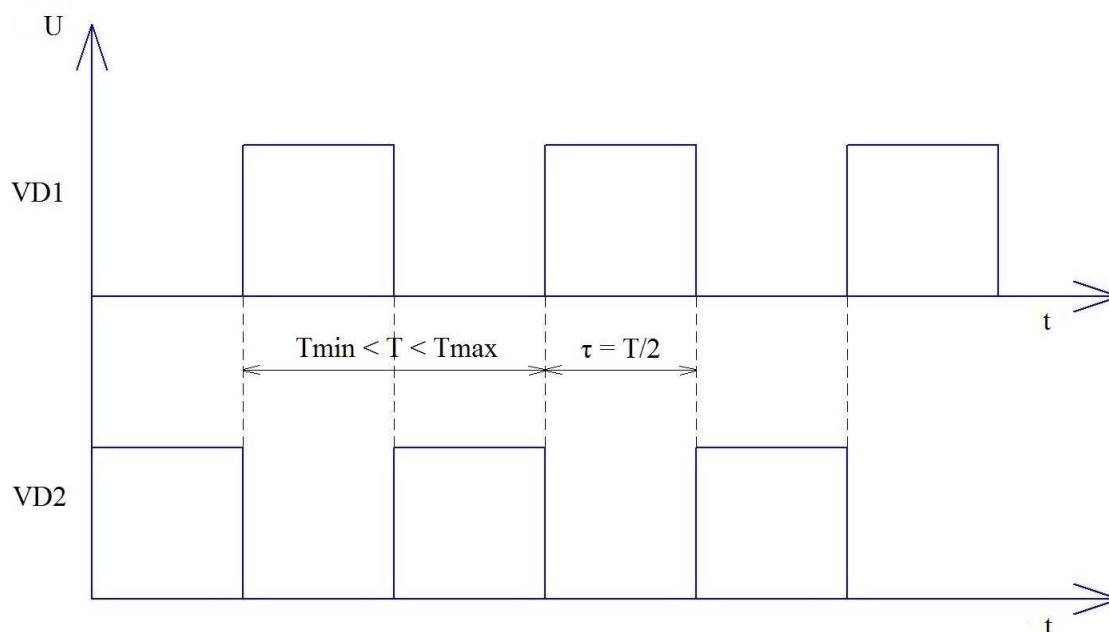


Рис. 3. Форма управляючих імпульсів кожного світлодіода

На рис. 3 представлена форма управляючих імпульсів, які подаються на світлодіоди. Як видно з графіку, світлодіоди працюють по черзі, в той момент коли світиться один світлодіод, інший не світиться, а перемикання проводиться з частотою біологічних ритмів людини ( $f_{\min}=1/T_{\min}$ ,  $f_{\max}=1/T_{\max}$ ). Ця властивість почергового опромінення акупунктурної точки забезпечує можливість кращого поглинання організмом людини світлового потоку.

Імпульсний почерговий режим перемикання ( в експериментально перевіреному діапазоні частот 10-150 Гц) забезпечує можливість використання світлодіодів різних довжин хвиль. Як видно з графіку на рис.1 глибина проникнення світла залежить від довжини світлової хвилі, і тому при використанні світлодіодів з різними довжинами хвиль, можна впливати на різну глибину шкіри. Для

наведеного прикладу, при підключенні першого імпульсу світловий потік, який має слабе поглинання проникає вглиб шкіри (червоний колір) та поглинається там, а на другому імпульсі світловий потік повністю поглинається на поверхні шкіри (синій колір). Періодичне повторення цього процесу призводить до глибинної модуляції БАТ та підвищує ефективність терапії.

### **Висновки**

1. Запропонований прилад для опромінення акупунктурних точок з використанням світлодіодів різної довжини хвиль та імпульсним режимом роботи дозволяє значно збільшити ефективність світлотерапії.

2. Використання концентратора світлового потоку (рефлектора) забезпечує точкове збільшення потужності в зоні БАТ та краще засвоєння світлового потоку організмом людини.

3. Розроблений прилад для лазерної світлотерапії має значну перспективу для використання в лікувальних технологіях практичної медицини.

### **Література**

1. Коробов А. М. Фототерапевтические аппараты Коробова серии «Барва» / А. М. Коробов, В. А. Коробов, Т. А. Лесная – Изд. второе, перераб. и доп.- Харьков.: ИПП «Контраст», 2008. – 176 с.
2. Приезжев А. В. Лазерная диагностика в биологии и медицине / А. В. Приезжев, В. В. Тучин, Л. П. Шубочкин. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. – 240 с.
3. Злепко С. М. Аппаратура для фізіотерапії та діагностики: навчальний посібник / С. М. Злепко, С. В. Павлов, В. Б. Василенко. – Вінниця: ВНТУ, 2011. – 212 с.
4. Тези Всеукраїнської науково-практичної он-ліне конференції аспірантів, молодих учених та студентів, присвяченої Дню науки: пр. конф., 15-17 травня 2013 р., Житомир. Т.2 / ред. І. В. Леонець. – Житомир: ЖДТУ, 2013. – С. 199 – 200.
5. Ремизов А. Н. Медицинская и биологическая физика: Учеб. для вузов / А. Н. Ремизов, А. Г. Макина, А. Я. Потапенко. – 4-е изд., – М.: Дрофа, 2003. – 560 с.
6. Пушкарева А. Е. Методы математического моделирования в оптике биоткни. Учебное пособие / А. Е. Пушкарева – СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. – 103 с.

*Надійшла до редакції  
05 березня 2014 року*

© Яненко О. П., Михайленко С. В., 2014

УДК 616.71-006

## **КІЛЬКІСНА ОЦІНКА ЯСКРАВОСТІ СЦИНТИГРАФІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ КІСТОК**

*Ніколов М. О., Коваленко М. М., Кліщ А. А., Ярошенко О. Ю.  
Національний технічний університету України «Київський політехнічний інститут»,  
м. Київ, Україна*

*В практичній медицині наявність або відсутність онкологічних змін при сцинтиграфії кісток вирішується на основі якісних показників радіонуклідного дослідження. Проте підвищення метаболічної активності може бути наслідком як пухлинного процесу, так і запа-*