

УДК 621.384: 621.385: 621.365: 616.31: 537.8

Г.І. БАРИЛО<sup>1</sup>, З.Ю. ГОТРА<sup>1</sup>, А.М. ЗАЗУЛЯК<sup>1</sup>, О.О. КЩЕРА<sup>2</sup>, О.Т. КОЖУХАР<sup>1</sup>, Н.І. КУС<sup>1</sup>

## АПАРАТНО-ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЛІКУВАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ В ОТОРИНОЛАРИНГОЛОГІЇ З НЕПЕРЕРВНИМ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИМ ТЕСТУВАННЯМ БІООб'ЄКТА

<sup>1</sup>Національний університет «Львівська політехніка»,  
79013, вул. С. Бандери, 12, м. Львів

<sup>2</sup>Національний медичний університет ім. Данила Галицького,  
79010, вул. Пекарська, 69, м. Львів  
E-mail: ookitsera@gmail.com

**Анотація.** Показано перспективність безконтактного методу проведення лікувальних терапевтичних сеансів на основі запропонованої оптико-електронної системи програмованого лікувального сеансу з його неперервним контролем упродовж дії лікувального фактора. Реалізовано програмно-апаратний комплекс, що надає лікареві можливість проводити сеанс лікування в програмованому стимуляційному режимі, здійснювати поточне оцінювання ефективності лікувального сеансу та приймати рішення щодо корекцій режимів лікувального впливу, схеми лікування та його доцільності для конкретного пацієнта.

**Ключові слова:** оптико-електронна система, мікроконтролер, фотоприймач.

**Аннотация.** Показана перспективность бесконтактного метода проведения лечебных терапевтических сеансов на основе предложенной оптико-электронной системы программированного лечебного сеанса с его непрерывным контролем в течение действия лечебного фактора. Реализовано программно-аппаратный комплекс, предоставляющий врачу возможность проводить сеанс лечения в программируемом стимулирующем режиме, осуществлять текущую оценку эффективности лечебного сеанса и принимать решения по коррекции режимов лечебного воздействия, схемы лечения и его целесообразности для конкретного пациента.

**Ключевые слова:** оптико-электронная система, микроконтроллер, фотоприемник.

**Abstract.** The prospects of non-contact method of medical therapy sessions based on the proposed optoelectronic system programmed treatment session with his continuous control over the actions of medical factors. Implemented hardware and software system that allows the doctor to conduct a session of treatment in programmed stimulation mode, the ongoing evaluation of the effectiveness of treatment session and decide on correction mode of therapeutic effects, treatment and its appropriateness for a particular patient.

**Keywords:** optoelectronic system, microcontroller, photodetector.

### ВСТУП

Сучасні медичні технології, що ґрунтуються на лікувально-діагностичній дії оптичного випромінювання так звані фотомедичні технології (ФМТ). Останнім часом стають все більш популярними у лікарській практиці. Проте найновіші з них потребують застосування в них стимуляційних режимів і підвищення інформативності впродовж лікувального сеансу. Стимуляційні режими, зокрема, з частотами повторення фотостимулів, відповідними до частот просторово-часових процесів у біомедичних об'єктах (БО), завдяки програмно керованій за такими частотами динаміки випромінювання, може викликати біорезонансні ефекти і, тим самим, значно підвищувати ефективність лікування. Підвищення інформативності про хід лікування, особливо, через неперервне тестування БО упродовж сеансів ФМТ, дає можливість лікареві працювати в інтерактивному режимі, чим забезпечувати оперативні корекції параметрів режиму лікувальної дії та стратегії подальшого лікування [1-3].

### ОСНОВНА ЧАСТИНА

Для контролю за перебігом лікувального процесу запропоновано безконтактний метод, який ґрунтується на порівнянні змін у часі оптичних властивостей БО. Основними параметрами які контролюються при такому методі є: інтенсивність світлових потоків і тестового випромінювання відбитого від біооб'єкта, пройденого крізь тканину та інтенсивності власного випромінювання БО.

Власний потік БО визначали за вимірними значеннями опору терморезистора, які виводилися на дисплей апаратурної частини пристрою. ОЕС пристрою складалася з термоперетворювач з оптичною концентрацією на нього власного випромінювання біооб'єкта та СВД, що розміщені по його боках і встановлені з можливістю потрапляння відбитого від та пройденого через біооб'єкт скерованих тестових потоків випромінювання на вхід фотоприймача.

Для визначення величини контрольованих оптичних сигналів запропоновано використовувати розроблену сенсорно-актуаторну систему, яка дозволяє здійснювати вимірювання інтенсивності відбитого, пройденого променя та власного випромінювання через тканини контрольованого біооб'єкта (рис.1) [4-5].

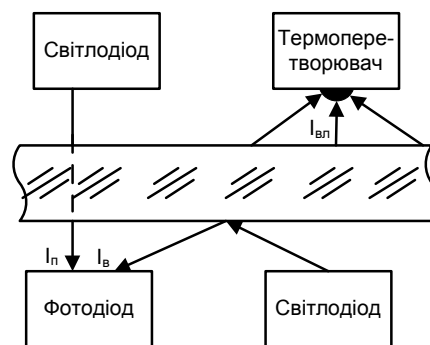


Рис.1. Структурна схема фото приймальної частини системи

Вимірювання, аналіз і порівняння інтенсивностей потоків випромінювання БО упродовж дії програми здійснювалося з допомогою вимірювачів фотострумів відбитого від біооб'єкта, пройденого крізь біооб'єкт, та власного випромінювання біооб'єктом.

Значення інтенсивності пройденого та відбитого від БО тестових світлових потоків визначали згідно значень фотострумів. Значення теплового потоку біооб'єкта та інтенсивності відбитих і пройдених через нього світлових потоків представлено на рис. 2.

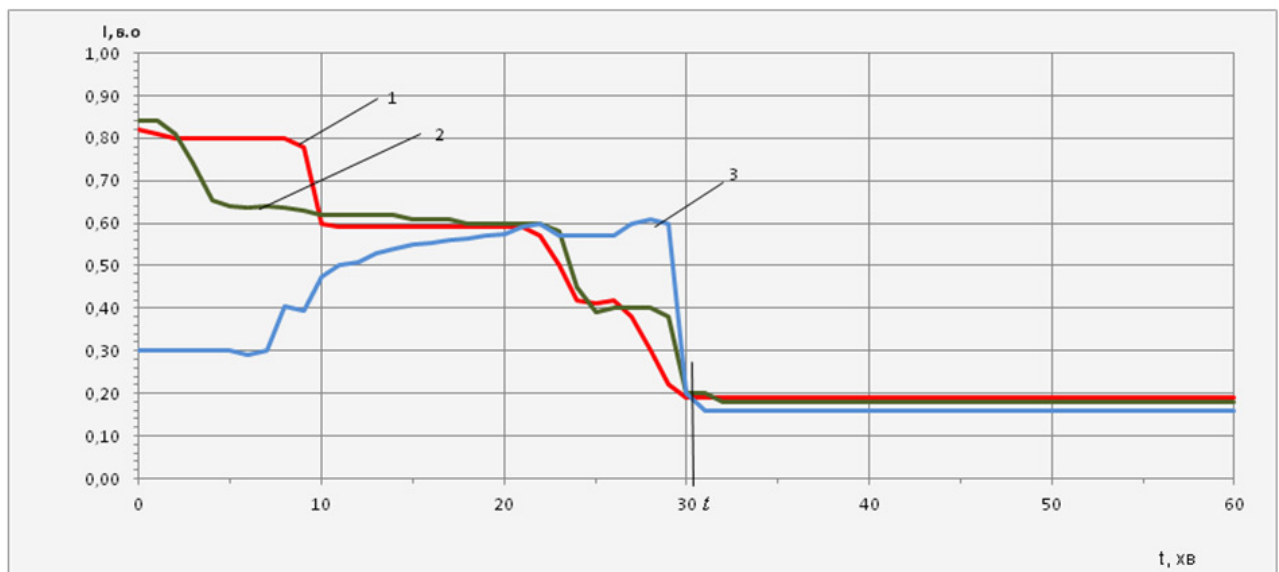


Рис. 2. Експериментальні результати залежностей зміни інтенсивності контрольованих світлових потоків: 1- пройденого крізь БО тестового світлового потоку; 2- відбитого тестового світлового потоку; 3- власного потоку оптичного випромінювання

З експериментальних досліджень (рис.2) випливає, що впродовж 30-40 хвилин лікувального сеансу відбувається зміна інтенсивності контрольованих світлових потоків біооб'єкта. Як видно з представленої залежності, що після певного проміжку часу  $t$ , динаміка зміни величини інтенсивності зменшується і процес стабілізується, що свідчить про необхідність завершення процедури. Ці залежності покладені в основу алгоритму роботи системи контролю стану біооб'єкта.

У результаті проведених досліджень встановлено допустимі межі значень контрольованих параметрів інтенсивності відбитого від біооб'єкта, пройденого крізь біооб'єкт, та інтенсивності власного випромінювання біооб'єктом.

На основі значень цих трьох параметрів можливо здійснювати загальне оцінювання змін фізіологічного стану організму в цілому. Таким чином запропонований метод і ОЕС є здатними створювати стимуляційне опромінення з можливістю його оперативного контролю, у відповідності до просторово часових характеристик опромінюваного об'єкта.

Для досягнення максимального лікувального ефекту дії таких пристроїв можна сформулювати медичні вимоги щодо:

- лікувальної області спектрального діапазону;
- заданій потужності випромінювання;
- інтенсивності опромінення в площині біооб'єкта;
- рівномірності опромінення в заданій площині біооб'єкта ;
- стабільності спектральних характеристик, лікування та тестового випромінювання.

Сукупність вказаних вимог визначають тривалість проведення лікувального сеансу та ефективність лікувального сеансу. При недотриманні визначених параметрів виникає загроза руйнування клітин біооб'єкта із загостренням патології, або не досягається відповідна ефективність лікування.

Із врахуванням результатів вказаних досліджень на основі сучасної елементної бази запропоновано структуру системи контролю (рис.3). Вказана система складається з джерела світла, фотоперетворювача, термоперетворювача схеми керування та зв'язку яка складається з комутатора та інтерфейса зв'язку, які реалізовані на основі мікроконтролера PSoC.

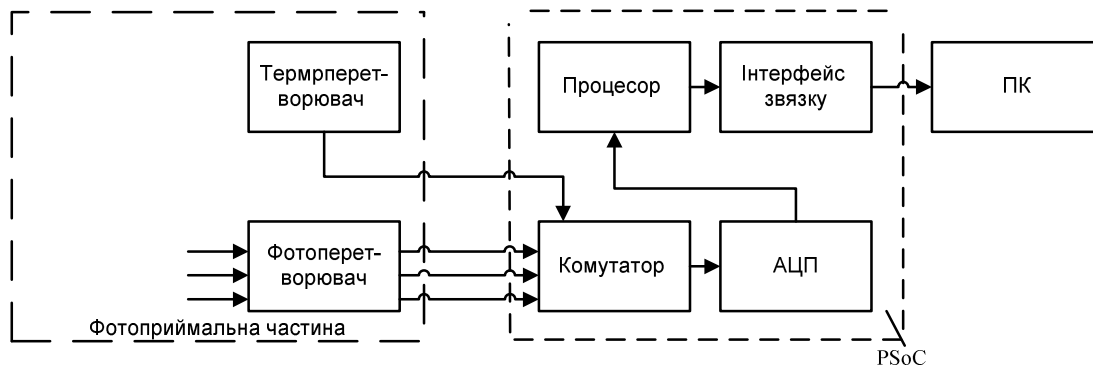


Рис.3. Структурна схема системи контролю

Вхідні інформаційні сигнали формуються з допомогою фотодіодів, підсилюються до необхідного рівня та надходять на відповідні входи мікроконтролера для подальшої цифрової обробки. Отримані результати опрацювання через вбудований швидкісний порт USB мікроконтролера передаються на ПК для подальшого програмного аналізу.

Для реалізації інтерактивного режиму роботи прикладного програмного забезпечення запропоновано наступний алгоритм аналізу значень параметрів контрольованих оптичних сигналів (рис.4) (інтенсивності власного випромінювання, пройденого, відбитого променів) [6].

Управління процесом здійснюється за допомогою ПК через інформативний інтерфейс користувача. Перед початком роботи, в автоматичному або ручному режимі, задаються параметри світлодіодної матриці: тривалість світлових сигналів, амплітуда, а також границі ділянки спектру тестових сигналів. Після запуску процесу здійснюється неперервний контроль значень кожного із вхідних параметрів  $I_1 - I_4$ . При цьому відбувається перевірка значення кожного параметра із допустимим діапазоном значень, які задані в базі даних. У випадку, коли контрольований параметр  $I_n$  перевищує допустимі граничні значення, формується повідомлення про критичну ситуацію, і лікувальний сеанс автоматично припиняється. Перевірка значень усіх параметрів  $I_n$  здійснюється неперервно на протязі всього сеансу. Після закінчення сеансу, на основі отриманих результатів, формується діагностичне

повідомлення, відповідно до комбінації оптичних параметрів  $I_n$ , які задані в базі даних системи.

На основі запропонованого методу контролю реалізовано програмно-апаратний комплекс, який дозволяє безконтактно отримувати оперативні результати про біжучі зміни психофізичного стану хворого впродовж 30 хвилинної програми лікувального сеансу. Разом із поточними значеннями змін показників програмно-апаратний комплекс відображає результати аналізу та повідомлення про дострокове припинення або недоцільність наступних сеансів.

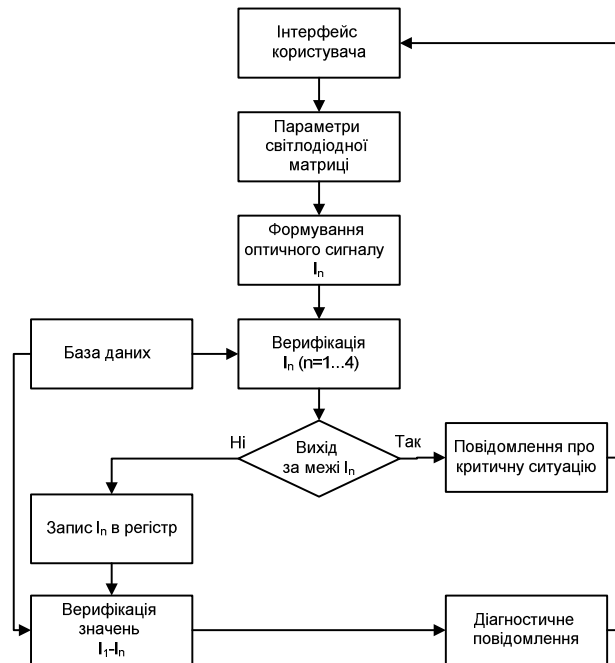


Рис. 4. Алгоритм аналізу контрольованих оптичних сигналів

У процесі експериментального застосування методу в комплексному лікуванні 20 хворих із хронічним суб'єктивним вушним шумом виявилось, що ефективність приладу була позитивною у 60 % пацієнтів. Дослідженнями на поліграфі 32 добровольців, яким проводилася фотоседація, не виявлено будь-яких порушень інших важливих життєвих функцій організму. Запропонований програмно-апаратний комплекс апробований для контролю за перебігом процесу фотоферезу. При цьому здійснювався аналіз зміни інтенсивності потоку пройденого через лейкомасу крові. Було виявлено, що в разі успішної процедури одержані зміни інтенсивності світлового потоку в заданих ділянках спектру мають бути в межах 10-50%.

## ВИСНОВКИ

Запропонований метод аналізу результатів отриманих під час оптико-електронного тестування біооб'єкта і створений апаратно-програмний комплекс, в якому реалізовано запропонований алгоритм, дозволяють з достатньою точністю проводити попереднє оцінювання стану пацієнта та ефективності лікувального сеансу та можуть бути використані в системах підтримки прийняття рішень в лікувальному процесі, що підтверджується позитивними результатами доклінічних випробувань.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Реєстрація, обробка та контроль біомедичних сигналів: навч. посібник / В.Г. Абакумов, З.Ю. Готра, С.М. Злепко та ін. – Вінниця: ВНТУ, 2011. – 352 с.
2. Оптикоелектронні медичні системи : навч. посібник / [Павлов С.В., Тимчик Г.С., Кожем'яко В.П. та ін.]. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 156 с.
3. Активний оптикоелектронний контроль фотомедичних технологій / З.Ю. Готра, О.Т. Кожухар, О.О. Кицера, А.М. Зозуляк, М.С. Скіра // Збірник праць. Перший Всеукраїнський з'їзд "Медична та біологічна інформатика і кібернетика" з міжнародною участю. – Київ. 23-26 червня 2010, с. 272.
4. Пристрій для світлолікування через зорові рецептори: патент 42525 України: МПК 6А 61N5/06 / Кожухар О.Т., Скунець Н.С., Зозуляк А.М.; власник патенту Національний університет "Львівська політехніка". – № u200900964; заявл. 09.02.2009; опубл. 10.07.2009, Бюл. № 13. – 2 с.: іл.

5. Пристрій для фото стимуляційного лікування у гематології: патент 62114 України: МПК А61N 5/06 / Готра З.Ю., Кожухар О.Т., Івах М.С.; власник патенту Національний університет "Львівська політехніка". – № u201101315; заявл. 07.02.2011; опубл. 10.08.2011, Бюл. № 15. – 2 с.: іл.
6. Неінвазивний сенсорний пристрій для реєстрації зміни психофізичного стану людини: патент 60600 України: МПК G01N 21/84 / Готра З.Ю., Кожухар О.Т., Зазуляк А.М., Кучак Є.В.; власник патенту Національний університет "Львівська політехніка". – № u201013916 ; заявл. 22.11.2010; опубл. 25.06.2011, Бюл. № 12. – 3 с.: іл.

Надійшла до редакції 3.12.2012 р.

**БАРИЛО Г.І.** - к.т.н., доцент, ст. викл. кафедри «Електронні прилади», Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна.

**ГОТРА З.Ю.** - д.т.н., проф., завідувач кафедри «Електронні прилади», Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна.

**ЗАЗУЛЯК А.М.** – аспірант кафедри «Електронні прилади», Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна.

**КЩЕРА О.О.** – доцент кафедри оториноларингології, Національний медичний університет ім. Данила Галицького, м. Львів, Україна.

**КОЖУХАР О.Т.** - д.т.н., проф., професор кафедри «Електронні прилади», Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна.

**КУС Н.І.** – аспірант кафедри «Електронні прилади», Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна.